





## وداعا للحفظ والتلقين وأهلا بالفهم والتحليل

خرائط ذهنية • صور تفاعلية • مخططات حركية

الدرس 1

# الدعامة فى الكائنات الحية

## الدعامة فى النبات

**الدعامة في النبات**

مجموعة الوسائل والأجهزة الدعامية التى تدعم النبات وتحافظ على شكله وتقيه من العوامل الخارجية.

### وسائل الدعامة فى النبات

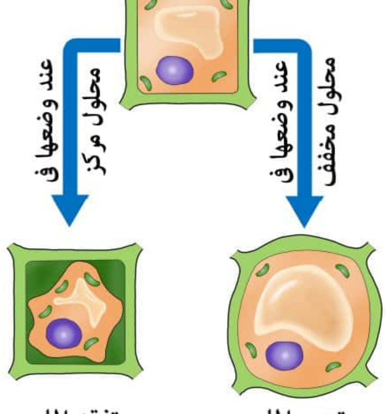
١. دعامة فسيولوجية.
٢. دعامة تركيبية.

### أولاً: الدعامة الفسيولوجية

**موقع حدوثها:** تتناول الخلية نفسها ككل.

**كيفية حدوثها:** تتم على خطوتين:

- دخول الماء بالخاصية الأسموزية إلى الفجوة العصارية للخلية.
- يزداد حجم العصير الخلوى فيضغط على البروتوبلازم والذى يضغط بدوره على الجدار الخلوى فيتمدد ويتوتر ثم تنتفخ الخلية وبذلك تكتسب الدعامة.




**أمثلة:**

- انتفاخ ثمار الفاكهة المنكمشة (الضامرة) عند وضعها فى الماء لفترة.
- انكماش وضمور البذور الغضة كالبسلة والفول والترمس عند تركها لمدة.
- ذبول وارتخاء سوق وأوراق النباتات العشبية عند جفاف التربة.
- استقامة سوق وأوراق النباتات العشبية عند رى التربة.

انتفاخ وزيادة حجم ← فقد الدعامة الفسيولوجية نتيجة فقد الخلية للماء فيزول انتفاخها ← انكماش وضمور

انكماش وضمور ← اكتساب الدعامة الفسيولوجية نتيجة امتصاص الخلية للماء بالخاصية الأسموزية ← انتفاخ وزيادة حجم

استقامة ← فقد الدعامة الفسيولوجية نتيجة فقد الخلية للماء فيزول انتفاخها ← ذبول وارتخاء

ذبول وارتخاء ← اكتساب الدعامة الفسيولوجية نتيجة امتصاص الخلية للماء بالخاصية الأسموزية ← استقامة

**مدة حدوثها:** دعامة مؤقتة ... **علل ؟**

؛ لأنها تعتمد على امتصاص الخلية للماء بالخاصية الأسموزية وعندما تفقد الخلية الماء تزول أو تضعف هذه الدعامة.

### أضف إلى معلوماتك

فى الخاصية الأسموزية ينتقل الماء من الخلية (الأعلى فى تركيز الماء=الأقل فى تركيز الذائبات) إلى الخلية (الأقل فى تركيز الماء=الأعلى فى تركيز الذائبات).

**مثال**

قطعة من البطاطس تركيزها ٥٪ سكروز وضعت فى ثلاثة محاليل مختلفة فى التركيز، ماذا يحدث لها فى كل حالة:

١- تركيزه ١٪. ٢- تركيزه ٥٪. ٣- تركيزه ١٠٪.

**ـ:الحل:ـ**

١- ينتقل الماء من المحلول إلى الخلية (قطعة البطاطس) فتزداد فى الحجم وتنتفخ.
٢- لا يحدث انتقال للماء فيظل حجم قطعة البطاطس كما هو.
٣- ينتقل الماء من قطعة البطاطس إلى المحلول فتنكمش وتضمر.

## أولاً الدعامة التركيبية

**موضع حدوثها:** جدر خلايا النبات أو أجزاء منها.

**كيفية حدوثها:** تتم عن طريق ترسيب بعض المواد الصلبة على جدر الخلايا أو أجزاء منها ... **علل ؟** بهدف:

- منع فقد الماء.
- إكساب الخلايا الصلابة والقوة (تدعيم النبات).
- زيادة قدرة خلايا النبات الخارجية على الحفاظ على أنسجة النبات الداخلية.
- زيادة سمك جدر خلايا البشرة (خاصة الخارجية منها).

**أمثلة:**

| | الكيوتين | السيوبرين | السليلوز | اللجنين |
|---|---|---|---|---|
| مكان ترسيبها | يترسب على جدر خلايا البشرة. | يترسب فى طبقة الخلايا الفلينية التى تحيط بالنبات. | جدر خلايا النبات الكولنشيمية والإسكلرنشيمية. | يترسب على السطح الداخلى لجدر الخلايا الإسكلرنشيمية، مثل الألياف والخلايا الحجرية. |
| أهميتها | - منع فقد الماء من خلايا النبات.<br>- زيادة قدرة خلايا النبات الخارجية على الحفاظ على أنسجة النبات الداخلية. | - منع فقد الماء من خلايا النبات.<br>- زيادة قدرة خلايا النبات الخارجية على الحفاظ على أنسجة النبات الداخلية. | - إكساب النبات الصلابة والقوة وتدعيم النبات.<br>- زيادة قدرة خلايا النبات الخارجية على الحفاظ على أنسجة النبات الداخلية. | - إكساب النبات الصلابة والقوة وتدعيم النبات.<br>- زيادة قدرة خلايا النبات الخارجية على الحفاظ على أنسجة النبات الداخلية. |
| نفاذيتها للماء | - غير منفذة. | - غير منفذة. | - منفذة. | - غير منفذة. |

**مدة حدوثها:** دعامة دائمة ... **علل ؟**

؛ لأنها تعتمد على ترسيب بعض المواد الصلبة القوية على جدر خلايا النبات أو أجزاء منها بهدف إكساب الخلايا الصلابة والقوة ومنع فقد الماء من خلالها وزيادة قدرة الخلايا الخارجية على الحفاظ على أنسجة النبات الداخلية.

### ملحوظات

- مواقع الخلايا الكولنشيمية والخلايا الإسكلرنشيمية وأماكن تواجدها وانتشارها يدعم النبات.
- تعتمد الدعامة الفسيولوجية بصورة أساسية على الفجوة العصارية، بينما تعتمد الدعامة التركيبية بصورة أساسية على الجدار الخلوى.

### أسئلة متنوعة:

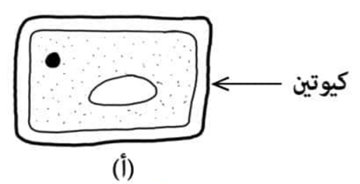
١ أى الدعامتين (الفسيولوجية أم التركيبية) تتأثر بالجفاف ؟ مع التفسير.

الدعامة الفسيولوجية؛ لأنها دعامة مؤقتة تعتمد على امتلاء الخلايا بالماء وعند تعرضها للجفاف تفقد الماء فتزول أو تضعف هذه الدعامة، بينما الدعامة التركيبية دعامة دائمة تعتمد على ترسيب بعض المواد الصلبة القوية على جدر خلايا أو أجزاء منها وعند تعرضها للجفاف لا تزول.

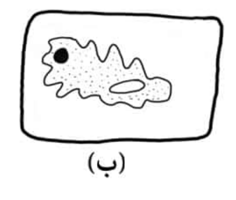
٢ فسر: يلعب الكيوتين دورًا فى الدعامة التركيبية والدعامة الفسيولوجية.

لأن الكيوتين مادة صلبة قوية تترسب على جدر خلايا البشرة لمنع فقد الماء من خلالها وزيادة قدرة خلايا النبات الخارجية على الحفاظ على أنسجة النبات الداخلية كدعامة تركيبية، كما أنها مادة غير منفذة للماء مما يساعد على امتلاء الخلية بالماء وعدم فقد هذا الماء فيتوتر الجدار الخلوى وبالتالى تظل الخلية محتفظة بالدعامة الفسيولوجية.

٣ ادرس الشكلين التاليين ثم أجب:



(أ)


(ب)

- ما نوع الدعامة فى الخلية (أ) ولماذا ؟

يظهر فى الخلية (أ):

- الدعامة التركيبية؛ بسبب ترسيب مادة الكيوتين على جدار الخلية وهى مادة صلبة قوية غير منفذة للماء.
- الدعامة الفسيولوجية؛ بسبب امتلاء الخلايا بالماء فيزداد حجم العصير الخلوى داخل الفجوة العصارية ويزداد ضغطها على البروتوبلازم والذى يضغط على الجدار الخلوى فيتوتر ويكتسب الدعامة الفسيولوجية.

- ماذا يحدث فى حالة وضع الخلية (ب) فى الماء ؟

تمتص الماء بالخاصية الأسموزية ويزداد حجم العصير الخلوى بها فيزداد ضغطه على البروتوبلازم والذى يضغط بدوره على الجدار الخلوى فيتوتر وتنتفخ الخلية وتكتسب الدعامة الفسيولوجية كما فى الخلية (أ).

- أى الخليتين أعلى فى تركيز الذائبات ؟ مع التفسير.

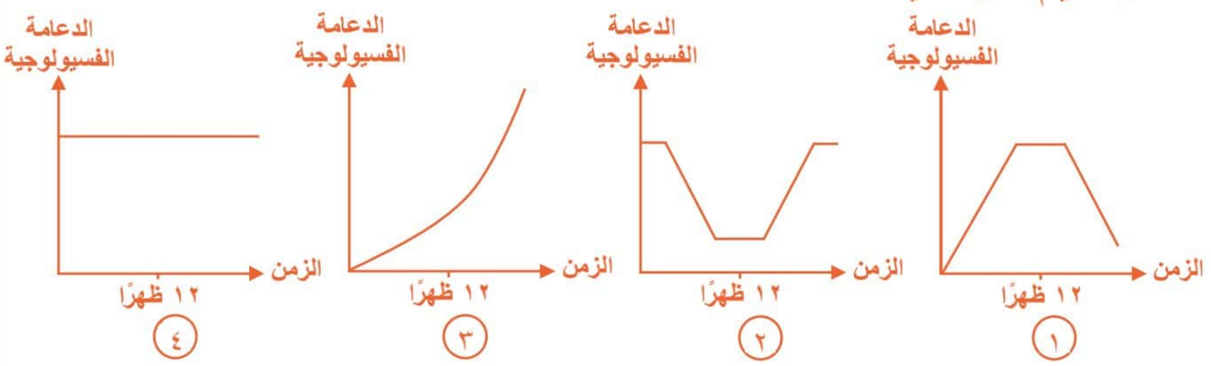
الخلية (ب)؛ لأنها أقل فى تركيز الماء (خلية منكمشة).

- أى الخليتين توجد ضمن خلايا البشرة ؟ مع التفسير.

الخلية (أ)؛ لأنها مرسب على جدارها الخلوى مادة الكيوتين.

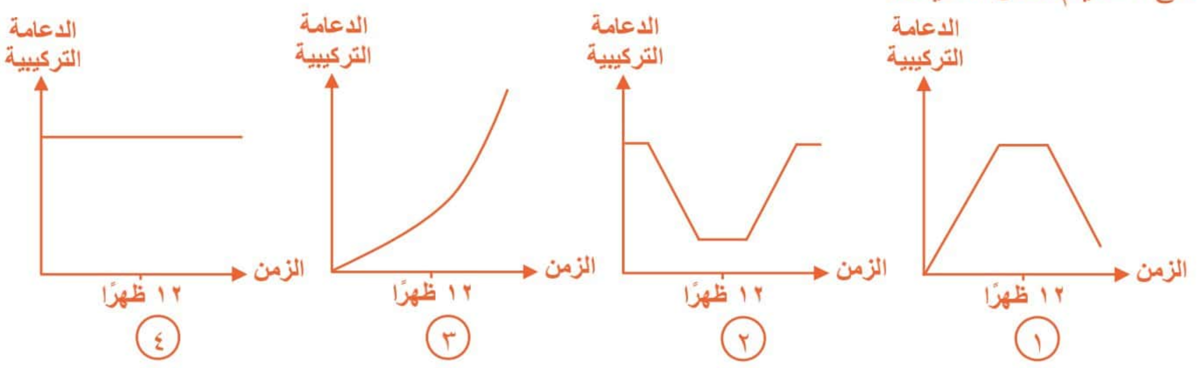
## أسئلة بنظام Open Book

١ أى الاشكال البيانية التالية تعبر بشكل دقيق عن الدعامة الفسيولوجية فى ورقة نبات الملوخية على مدار ٢٤ ساعة لاحد أيام فصل الصيف ؟



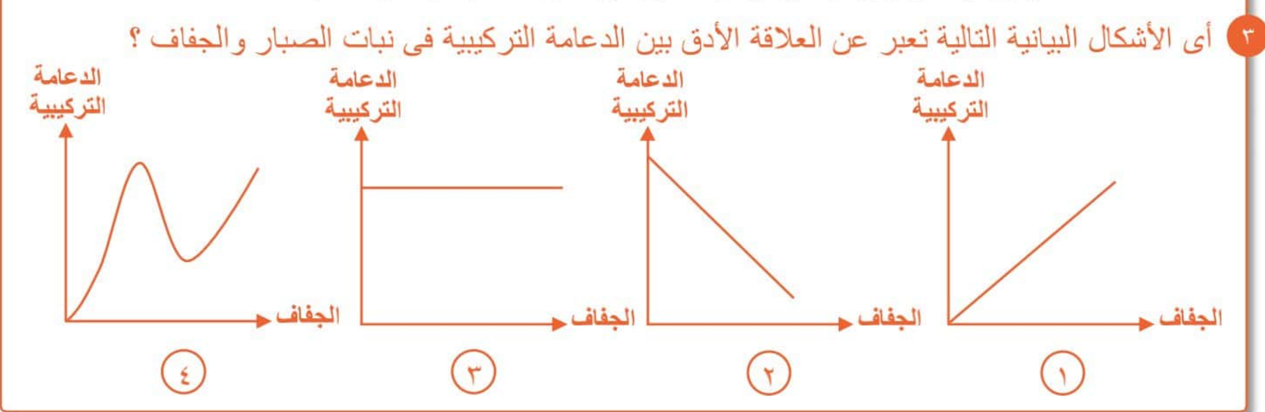

الإجابة: (٢) لأن الدعامة الفسيولوجية دعامة مؤقتة تعتمد على امتلاء الخلايا بالماء وعند فقد الماء تزول أو تضعف الدعامة ففى درجات الحرارة المرتفعة يزداد معدل الجفاف ويزداد معدل النتح فتزداد كمية الماء المفقودة فتقل الدعامة الفسيولوجية تدريجيًا ثم تزداد مرة أخرى نتيجة زيادة كمية الماء الناتج عن عملية البناء الضوئى مع نقص معدل النتح بسبب انخفاض درجات الحرارة فى الفترات الأخيرة من اليوم.

٢ أى الأشكال البيانية التالية تعبر بشكل دقيق عن الدعامة التركيبية فى الخلايا الحجرية على مدار ٢٤ ساعة فى أحد أيام فصل الصيف ؟




الإجابة: (٤) لأن الدعامة التركيبية دائمة لا تتغير بتغير درجات الحرارة حيث تعتمد على ترسيب بعض المواد الصلبة مثل السليلوز والسيوبرين والكيوتين واللجنين فى جدر الخلايا أو أجزاء منها.

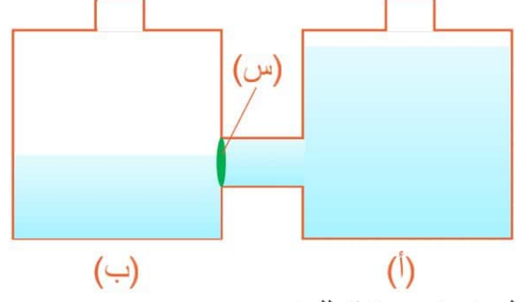
٣ أى الأشكال البيانية التالية تعبر عن العلاقة الأدق بين الدعامة التركيبية فى نبات الصبار والجفاف ؟



الإجابة: (٣) لأن الدعامة التركيبية دائمة لا تتغير بتغير درجات الحرارة حيث تعتمد على ترسيب بعض المواد الصلبة القوية مثل السليلوز والسيوبرين والكيوتين واللجنين فى جدر الخلايا أو أجزاء منها.

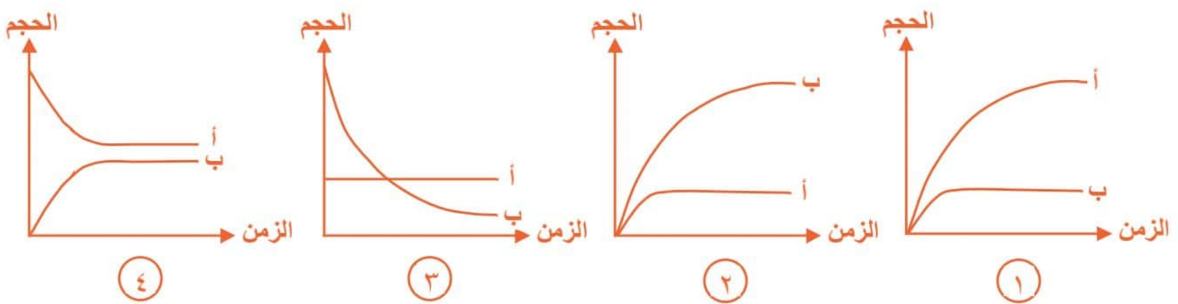
٤ أ ، ب خزانان تم ملأ احدهما (أ) بالماء بينما ظل الآخر (ب) فارغًا وتم توصيلهما بواسطة أنبوبة زجاجية مرسب عند إحدى طرفيها المادة الكيميائية (س) وبعد فترة زمنية لوحظ انتقال الماء من (أ) إلى (ب) كما بالشكل .. أى المواد الكيميائية التالية يحتمل أن تكون المادة (س) ؟


(١) الكيوتين
(٢) السيوبرين
(٣) السيليلوز
(٤) اللجنين




الإجابة: (٣) السليلوز؛ لأنه مادة منفذة للماء بينما باقى المواد غير منفذة للماء.

٥ أى الأشكال البيانية التالية تعبر بشكل صحيح عن تغير حجم قطعتين متماثلتين من البطاطا (أ)، (ب) تم غلي أحدهما (أ) في الماء ثم وضعت كل منهما في أنبوبة بها ماء مقطر لفترة زمنية ما ؟




الإجابة: (٢)، حيث يزداد حجم القطعة (ب) تدريجيًا نتيجة امتصاص خلاياها للماء من الأنبوبة الأعلي فى تركيز الماء (الأقل فى تركيز الذائبات) بالخاصية الأسموزية، بينما لا يزداد حجم القطعة (أ) كثيرًا وذلك لأن تعرضها للغلي يؤدى إلى موت الخلايا النباتية وتحلل البروتوبلازم المكون لها بما فيه من عضيات خلوية منها الفجوات العصارية المسئولة عن تخزين الماء فتفقد قدرتها على امتصاص الماء بالخاصية الأسموزية وإنما يزداد حجمها فى البداية قليلا نتيجة تشرب جدارها الخلوى المكون من السليلوز لبعض الماء من الأنبوبة.

٦ ثمرتان من الكمثري متماثلتان تمامًا وزن كل منهما ٥٠ جرامًا تم وضع إحداهما (أ) في محلول سكري والأخرى (ب) في أنبوبة بها ماء مقطر وتركهما لفترة زمنية فإن وزن الثمرتين أ ؛ ب على الترتيب قد يكون:

Ⓐ ٧٠ جم ، ٤٠ جم　Ⓑ ٧٠ جم ، ٧٠ جم　Ⓒ ٤٠جم ، ٧٠جم　Ⓓ ٤٠جم ، ٤٠جم

٧ تحتوى معظم خلايا النباتات الحية على فجوات عصارية كبيرة الحجم، هذه الفجوات تساعد الخلايا النباتية على امتصاص الماء بالنقل النشط:

Ⓐ العبارتان صحيحتان وبينهما علاقة.　Ⓑ العبارة الأولي صحيحة والثانية خطأ
Ⓒ العبارة الأولى خطأ والثانية صحيحة.　Ⓓ العبارتان خطأ

**الإجابة:** ٦- Ⓒ　٧- Ⓑ



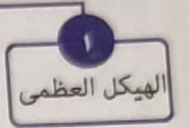
## الدعامة فى الإنسان

تتمثل الدعامة فى الإنسان فى الجهاز الهيكلى.

### أهمية الجهاز الهيكلى فى جسم الإنسان:

1. تدعيم الجسم، وحماية بعض أعضائه، يعطى الإنسان الشكل المميز.
2. يساهم فى عملية الحركة حيث:
   - يمثل مكان اتصال مناسب للعضلات.
   - دعامة رئيسية للأطراف المتحركة.
   - كما تلعب المفاصل دورًا هامًا فى حركة أجزاء الجسم المختلفة.

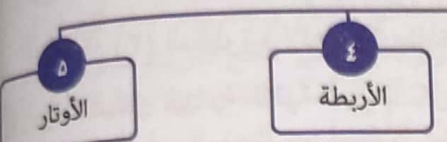
**الجهاز الهيكلى فى الإنسان**










وسوف نتناول كل منها بشىء من التفصيل على النحو التالى:

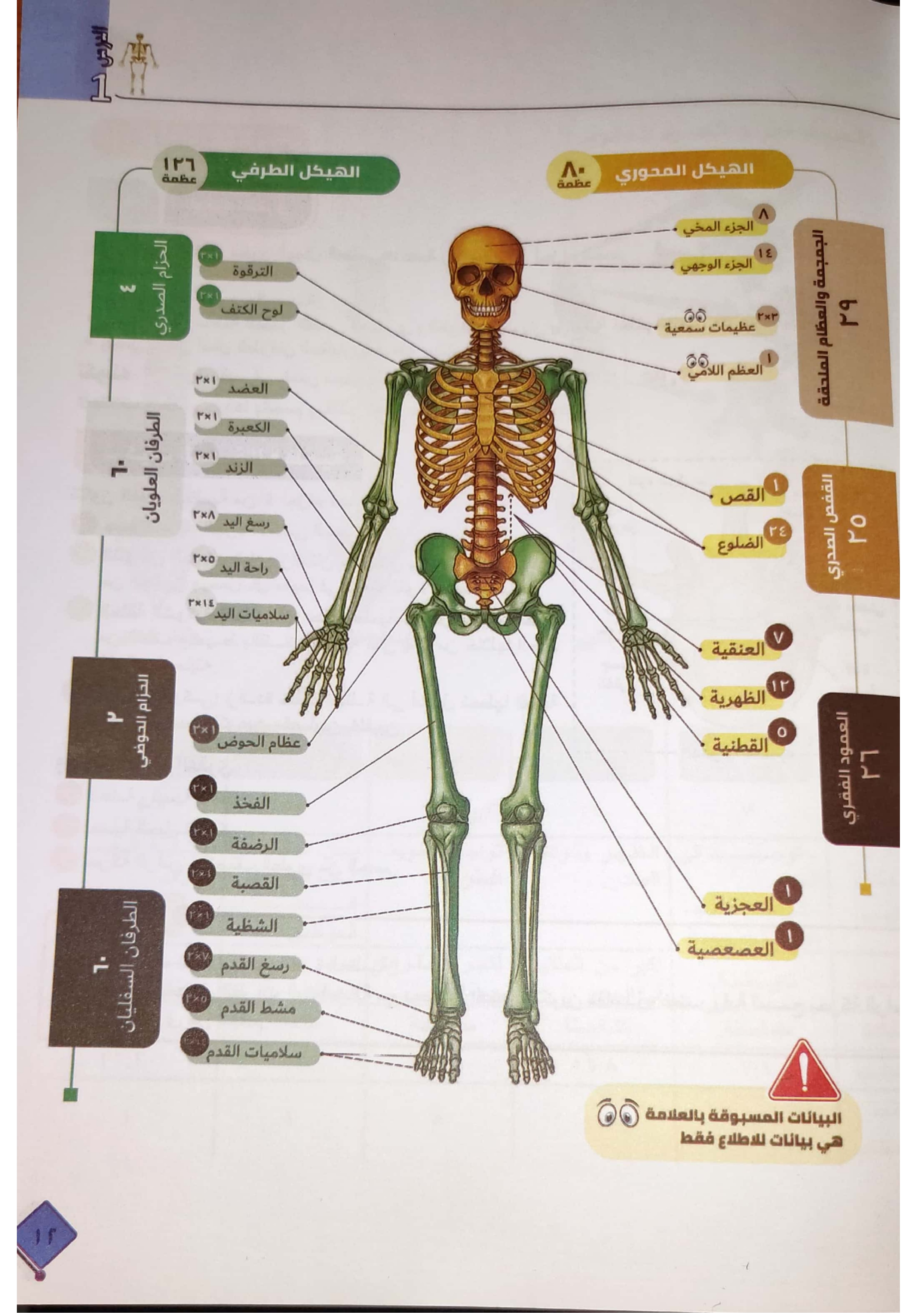
### ١ الهيكل العظمى

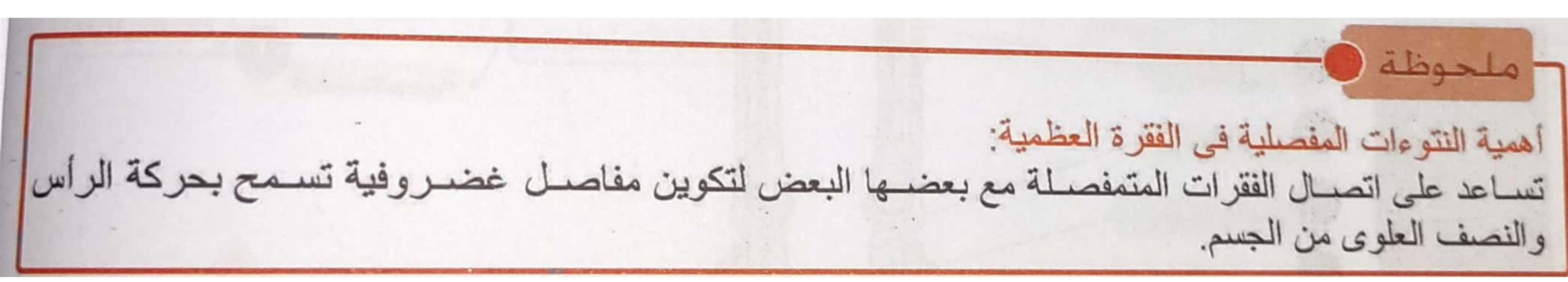
**تكوينه**: يتكون من ٢٠٦ عظمة تختلف عن بعضها فى الشكل والحجم ... **علل ؟**؛ لتناسب الوظيفة التى تقوم بها.

المخطط التالى يوضح تركيب الهيكل العظمى فى جسم الإنسان:

**تركيب الهيكل العظمى فى جسم الإنسان** (٢٠٦ عظمة)

- هيكل محورى (٨٠ عظمة)
  - العمود الفقرى
  - القفص الصدرى
  - الجمجمة
- هيكل طرفى (١٢٦ عظمة)
  - الحزام الصدرى والطرفان العلويان
  - الحزام الحوضى والطرفان السفليان

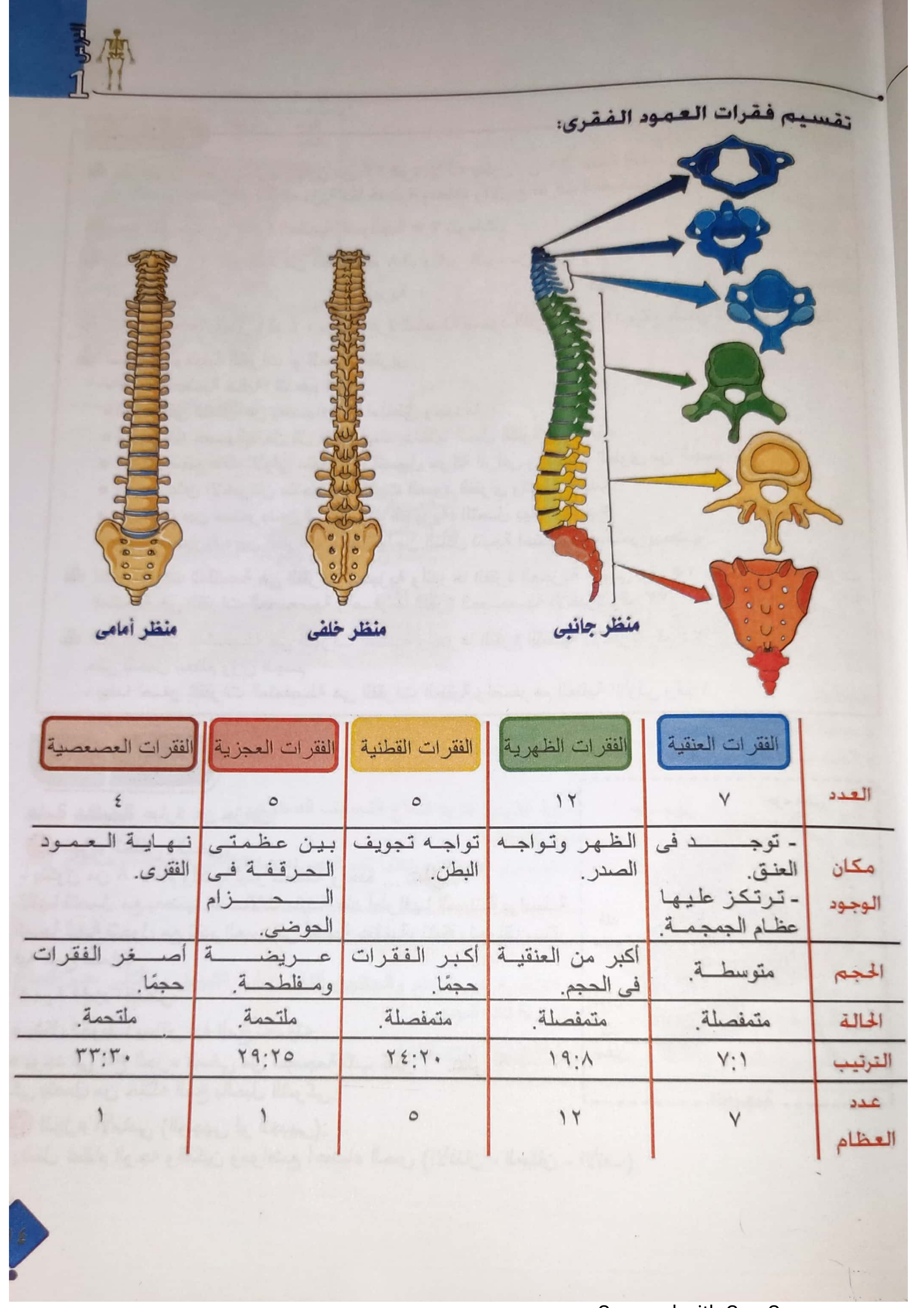

الهيكل المحوري
٨٠ عظمة
الهيكل الطرفي
١٢٦ عظمة
الجمجمة والعظام الملحقة
٢٩
٨ الجزء المخي
١٤ الجزء الوجهي
٢×٣ عظيمات سمعية
١ العظم اللامي
القفص الصدري
٢٥
١ القص
٢٤ الضلوع
العمود الفقري
٢٦
٧ العنقية
١٢ الظهرية
٥ القطنية
١ العجزية
١ العصعصية
الحزام الصدري
٤
٢×١ الترقوة
٢×١ لوح الكتف
الطرفان العلويان
٦٠
٢×١ العضد
٢×١ الكعبرة
٢×١ الزند
٢×٨ رسغ اليد
٢×٥ راحة اليد
٢×١٤ سلاميات اليد
الحزام الحوضي
٢
٢×١ عظام الحوض
الطرفان السفليان
٦٠
٢×١ الفخذ
٢×١ الرضفة
٢×١ القصبة
٢×١ الشظية
٢×٧ رسغ القدم
٢×٥ مشط القدم
سلاميات القدم
البيانات المسبوقة بالعلامة
هي بيانات للاطلاع فقط



ملحوظة

أهمية النتوءات المفصلية فى الفقرة العظمية:
تساعد على اتصال الفقرات المتمفصلة مع بعضها البعض لتكوين مفاصل غضروفية تسمح بحركة الرأس والنصف العلوى من الجسم.

## تقسيم فقرات العمود الفقرى:




| | الفقرات العنقية | الفقرات الظهرية | الفقرات القطنية | الفقرات العجزية | الفقرات العصعصية |
|---|---|---|---|---|---|
| العدد | ٧ | ١٢ | ٥ | ٥ | ٤ |
| مكان الوجود | - توجد فى العنق.<br>- ترتكز عليها عظام الجمجمة. | الظهر وتواجه الصدر. | تواجه تجويف البطن. | بين عظمتى الحرقفة فى الحزام الحوضى. | نهاية العمود الفقرى. |
| الحجم | متوسطة. | أكبر من العنقية فى الحجم. | أكبر الفقرات حجمًا. | عريضة ومفلطحة. | أصغر الفقرات حجمًا. |
| الحالة | متمفصلة. | متمفصلة. | متمفصلة. | ملتحمة. | ملتحمة. |
| الترتيب | ١:٧ | ٨:١٩ | ٢٠:٢٤ | ٢٥:٢٩ | ٣٠:٣٣ |
| عدد العظام | ٧ | ١٢ | ٥ | ١ | ١ |

## ملحوظات

- بالرغم أن العمود الفقرى يتكون من ٣٣ فقرة إلا أنه يتكون من ٢٦ عظمة فقط ... علل ؟
؛ لالتحام الخمس فقرات العجزية معًا كعظمة واحدة، والأربع فقرات العصعصية معًا كعظمة واحدة.
- عدد النتوءات فى الفقرة العظمية النموذجية = ٧ نتوءات.
- الفقرة رقم ٢١ أكبر قليلا من الفقرة رقم ١٨، وأكبر كثيرًا من الفقرة رقم ٤.
قطنية — ظهرية — عنقية
- الفقرة المنصفة للعنق رقم ٤ ، بينما الفقرة المنصفة للعمود الفقرى رقم ١٧ وتقع ضمن الفقرات الظهرية.
- الملائمة الوظيفية للفقرات أو للعمود الفقرى:
  - فقرات عظمية صلبة؛ لتدعيم الجسم.
  - تختلف فى الشكل عن بعضها؛ تبعًا لمناطق وجودها.
  - وجود قناة عصبية داخل كل فقرة؛ ليمتد بداخلها الحبل الشوكى لحمايته.
  - الثلاث مجموعات الأولى متمفصلة؛ لتسهيل حركة الرأس والنصف العلوى من الجسم.
  - المجموعتان الأخيرتان ملتحمتان؛ لتثبيت العمود الفقرى وتدعيم الجسم.
  - وجود نتوءين مستعرضين فى الفقرات الظهرية؛ لتتصل بهما الضلوع.
  - وجود غضاريف بين الفقرات؛ لحمايتها من التآكل نتيجة احتكاكها المستمر ببعضها.
- أكبر الفقرات الملتحمة هى الفقرات العجزية وأكبرها الفقرة العجزية الأولى رقم ٢٥ ، بينما أصغر الفقرات الملتحمة هى الفقرات العصعصية وأصغرها الفقرة العصعصية الأخيرة رقم ٣٣.
- أكبر الفقرات المتمفصلة هى الفقرات القطنية وأكبرها الفقرة القطنية الأخيرة رقم ٢٤ ... علل ؟
حتى تتحمل معظم وزن الجسم
، بينما أصغر الفقرات المتمفصلة هى الفقرات العنقية وأصغرهم العنقية الأولى رقم ١.

## ثالثا القفص الصدري

**الشكل:** علبة مخروطية الشكل تقريبًا.

**مكان وجوده:** يتصل من:

- الخلف بالفقرات الظهرية (١٢ فقرة من ٨ : ١٩).
- الأمام بعظمة القص.

**تكوينه:** ٣٧ عظمة كالتالى:

- عظمة القص= ١ عظمة.
- الفقرات الظهرية= ١٢ عظمة.
- ١٢ زوج من الضلوع= ٢٤ عظمة.

لوح الكتف
الترقوة
القص
الضلوع
الضلوع العائمة
القفص الصدري




| العشرة أزواج الأولى | الزوجان الأخيران=الضلوع العائمة |
| --- | --- |
| - أكبر طولا. | - قصيران. |
| - تصل بين الفقرات الظهرية وعظمة القص. | - لا يتصلان بعظمة القص. |
| - تتصل بالفقرات من (٨:١٧) من العمود الفقرى. | - يتصلان بالفقرتين رقم ١٨ ، ١٩ للعمود الفقرى. |

**الضلع**

عظمة مقوسة منحية إلى أسفل تتصل من الخلف بجسم الفقرة ونتوئها المستعرض.

**عظمة القص**

عظمة مفلطحة ومدببة من أسفل جزؤها السفلى غضروفى يتصل بها العشرة أزواج الأولى من الضلوع.

**وظيفته:**

- حماية القلب والرئتين.
- تلعب حركة الضلوع دورًا فى التنفس ... **فسر؟**

حيث:

- تتحرك إلى الأمام وإلى الجانبين أثناء عملية الشهيق لتزيد اتساع التجويف الصدري.
- تتحرك أثناء الزفير عكس ما يتم فى عملية الشهيق.

- يوجد بداخلها نسيج نخاع العظام الأحمر المسئول عن إنتاج خلايا الدم الحمراء وخلايا الدم البيضاء وصفائح الدم.

**ملحوظات**

- **ماذا يحدث لو اتصلت كل الضلوع بعظمة القص من الأمام؟**
صعوبة عملية التنفس؛ لعدم حركة الضلوع إلى الأمام والجانبين أثناء عملية الشهيق وبالتالى عدم اتساع التجويف الصدرى مما يؤدى لخلل فى وظائف الجسم.
- رقم زوج الضلوع + ٧ = رقم الفقرة الظهرية المتصلة به.

ملحوظات

وجود الأحزمة عند اتصال أطراف الحيوان بهيكله المحورى ... **علل ؟**

لأن:

- الحزام الصدرى يعمل على اتصال الطرفين العلويين بالهيكل المحورى بواسطة عظام الكتف..
- الحزام الحوضى يعمل على اتصال الطرفين السفليين بالهيكل المحورى بواسطة عظام الحوض..

مما يؤدى لتدعيم الجسم وسهولة حركته.

## ملخص ما سبق

- مقارنة بين الحزام الصدرى والحزام الحوضى:

| الحزام الصدرى | الحزام الحوضى |
|---|---|
| **مكان الوجود** | |
| يتصل بالطرفين العلويين للهيكل الطرفى. | يتصل بالطرفين السفليين للهيكل الطرفى. |
| **عدد العظام** | |
| يتكون من أربع عظام. | يتكون من عظمتين. |
| **التركيب** | |
| يتركب من نصفين متماثلين يتركب كل نصف منهما من: | |



| ⊙ لوح الكتف: عظمة ظهرية مثلثة الشكل طرفها الداخلى عريض والخارجى مدبب به نتوء تتصل به الترقوه، ويوجد عند الطرف الخارجى لعظمة لوح الكتف تجويف يسمى بالتجويف الأروح تستقر فيه رأس عظمة العضد مكونًا مفصل الكتف.<br>⊙ الترقوه: عظمة باطنية أمامية رفيعة تتصل من الأمام بعظمة القص ومن الجانب بنتوء لوح الكتف. | ⊙ عظمة الحرقفة الظهرية: تتصل من الناحية الباطنية:<br>▪ الأمامية بعظمة العانة.<br>▪ الخلفية بعظمة الورك.<br>يوجد عند موضع اتصال الحرقفة بالورك والعانة تجويف عميق يسمى التجويف الحقى الذى يستقر فيه رأس عظمة الفخذ مكونة مفصل الفخذ. |
|---|---|

## - مقارنة بين الطرفين العلويين والطرفين السفليين:

| الطرفان العلويان | الطرفان السفليان |
|---|---|
| **يتكون كل طرف من:** | |
| ١ العضد.<br>٢ الساعد، ويتكون من عظمتين هما:<br>- **الزند:** يحتوى طرفها العلوى على تجويف يستقر فيه النتوء الداخلى للعضد مكونًا مفصل الكوع.<br>- **الكعبرة:** أصغر حجمًا من الزند، تتحرك حركة نصف دائرية حول عظمة الزند الثابتة.<br>٣ عظام اليد، وتتكون من:<br>- **رسغ اليد:** يتكون من ٨ عظام منتظمة الشكل فى صفين يتصل طرفها العلوى بالطرف السفلى للكعبرة ولا يتصل بالزند ويتصل طرفها السفلى بعظام راحة اليد.<br>- **راحة اليد:** يتكون من ٥ عظام رفيعة مستطيلة تؤدى إلى عظام الأصابع الخمسة.<br>- **أصابع اليد:** يتكون من ٥ أصابع كل منها من ٣ سلاميات رفيعة ما عدا الإبهام يتكون من سلاميتين فقط. | ١ الفخذ. (أكبر عظام الجسم)<br>٢ الساق، وتتكون من عظمتين هما:<br>- القصبة (الداخلية).<br>- الشظية (الخارجية)، وتوجد أمام مفصل الركبة عظمة صغيرة مستديرة تسمى عظمة الرضفة.<br>٣ عظام القدم، وتتكون من:<br>- **رسغ القدم:** يتكون من ٧ عظام غير منتظمة الشكل أكبرها العظمة الخلفية التى تكون كعب القدم.<br>- **مشط القدم:** يتكون من ٥ عظام رفيعة طويلة ينتهى كل منها بإصبع.<br>- **أصابع القدم:** يتكون من ٥ أصابع يتكون كل منها من ٣ سلاميات رفيعة ما عدا إصبع الإبهام يتكون من سلاميتين فقط. |
| **عدد العظام** | |
| ٦٠ عظمة. | ٦٠ عظمة. |

## - مقارنة بين عظمة الكعبرة وعظمة الزند:

| عظمة الكعبرة | عظمة الزند |
|---|---|
| - أصغر حجمًا. | - أكبر حجمًا. |
| - تتحرك حركة نصف دائرية حول عظمة الزند. | - ثابتة لا تتحرك. |
| - لا تتصل من أعلى بعظمة العضد. | - تتصل من أعلى بعظمة العضد. |
| - تتصل من الأسفل بالطرف العلوى لرسغ اليد. | - لا تتصل بعظام رسغ اليد. |
| - توجد جهة الخارج. | - توجد جهة الداخل. |

## - مقارنة بين التجاويف:

| | التجويف الأروح | تجويف الزند | التجويف الحقي |
|---|---|---|---|
| مكان الوجود | الطرف الخارجى المدبب لعظمة لوح الكتف. | الطرف العلوى لعظمة الزند. | موضع اتصال الحرقفة الظهرية بالورك والعانة ضمن عظام الحوض. |
| الأهمية | يستقر فيه رأس عظمة العضد مكونًا مفصل الكتف. | يستقر فيه النتوء الداخلى لعظمة العضد مكونًا مفصل الكوع. | يستقر فيه رأس عظمة الفخذ مكونًا مفصل الفخذ. |

### ملحوظات

- يشترك العضد فى تكوين مفصلى الكتف والكوع:
  - رأس العضد + التجويف الأروح = مفصل الكتف.
  - نتوء العضد الداخلى + تجويف الزند = مفصل الكوع.
- عدد تجاويف الهيكل الطرفي= ٦ «٢ تجويف أروح + ٢ تجويف زند + ٢ تجويف حقي».
- موضع اتصال نصفى عظام الحوض المتماثلين من الناحية الباطنية الارتفاق العاني.
  موضع اتصال نصفى عظام الحوض المتماثلين من الناحية الظهرية الفقرات العجزية.
- تشترك عظمة الفخذ فى تكوين مفصلى الفخذ والركبة:
  - رأس الفخذ + التجويف الحقى = مفصل الفخذ.
  - نتوءا الفخذ السفليان الكبيران + القصبة = مفصل الركبة.
- عدد العظام التى تتصل بعظمة القص ٢٢ عظمة «٢٠ ضلع + ٢ عظمة الترقوة».
  عدد الضلوع التى تتصل بعظمة القص ٢٠ ضلع.
- يتكون أى طرف (علوى أو سفلي) من ٣٠ عظمة.
- ماذا يحدث لو اتصلت عظمتى الساعد بالطرف السفلى لعظمة العضد وبالطرف العلوى لعظام رسغ اليد ؟
  لن تتحرك عظمة الكعبرة حركة نصف دائرية حول عظمة الزند الثابتة مما يؤدى لخلل فى أداء وظائف الجسم الميكانيكية.

## ٢ الغضاريف

**نوع النسيج:** ضام.

**التركيب:**

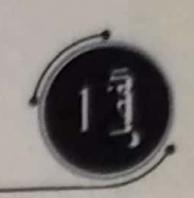
١ تتكون من خلايا غضروفية.

٢ لا تحتوى على أوعية دموية لذلك تحصل على الغذاء والأكسجين من خلايا العظام بالانتشار.

**مكان الوجود:**

١ تشكل بعض أجزاء الجسم، مثل الأذن، الأنف، الشعب الهوائية.

٢ توجدغالبًا عند أطراف العظام خاصة عند المفاصل بين فقرات العمود الفقري.




**الأهمية:** حماية العظام من التآكل نتيجة احتكاكها المستمر ببعضها.

**أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتي:**

1. **يستغرق التئام الغضاريف وقتًا طويلًا.**
لأنها لا تحتوى على أوعية دموية لذلك تحصل على الغذاء والأكسجين من خلايا العظام بالانتشار وهو ما يستغرق وقتًا طويلاً.

2. **لا تحتوى الغضاريف على أوعية دموية.**
لأنها توجد غالبًا عند أطراف العظام المتجاورة خاصة عند المفاصل وبين فقرات العمود الفقارى القابلة للحركة لذا تتعرض الأوعية الدموية للتمزق عند مواضع احتكاك العظام ببعضها مما يؤدى لحدوث نزف دموى مستمر.

3. **يغلب على الغضاريف اللون الأبيض.**
لأنها عبارة عن نسيج ضام يتكون من خلايا غضروفية لا تحتوى على أوعية دموية.

4. **الغضاريف أقل صلابة من العظام.**
لأن الأنسجة الغضروفية لا تحتوى على الكالسيوم بينما أنسجة العظام يترسب فيها نسبة كبيرة من الكالسيوم الذى يعمل على زيادة صلابتها.

## ٣ المفاصل

يوجد فى الهيكل العظمى ثلاثة أنواع من المفاصل، هى:

| | (أ) المفاصل الليفية | (ب) المفاصل الغضروفية | (جـ) المفاصل الزلالية |
|---|---|---|---|
| رسم توضيحي | | الفقرة<br>غضروف | أربطة<br>سائل زلالى<br>الكعبرة<br>غضاريف<br>الزند |
| الخصائص | - تلتحم العظام عند هذه المفاصل بواسطة أنسجة ليفية تتحول مع تقدم العمر إلى أنسجة عظمية. | - تربط بين نهايات بعض العظام المتجاورة. | - تشكل معظم مفاصل الجسم.<br>- مرنة علل؟<br>حتى تتحمل الصدمات.<br>- تسمح بسهولة الحركة علل؟<br>حيث:<br>■ يغطى سطح العظام المتلامسة فى هذه المفاصل طبقة رقيقة من مادة غضروفية شفافة ملساء تسمح بحركة العظام بسهولة وبأقل احتكاك. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | ▪ تحتوى على سائل مصلى أو زلالى يسهل من انزلاق الغضاريف التى تكسو أطراف العظام. |
| الحركة والأمثلة | - معظمها لا يسمح بالحركة.<br>مثل: المفاصل التى توجد عند عظام الجمجمة و تربطها معًا عند أطرافها المسننة. | - معظمها يسمح بحركة محدودة جدًا.<br>مثل: المفاصل التى توجد بين فقرات العمود الفقري. | - أقسامها حسب نوع الحركة:<br>١ **مفاصل محدودة الحركة:** تسمح بحركة أحد العظام فى اتجاه واحد فقط.<br>مثل: الكوع - الركبة.<br>٢ **مفاصل واسعة الحركة:** تسمح بحركة العظام فى اتجاهات مختلفة.<br>مثل: الكتف - الفخذ. |

**أسئلة متنوعة:**

١ **ماذا يحدث عند: غياب السائل الزلالى من مفاصل الركبة ؟**
حدوث تآكل الغضاريف التى تكسو أطراف العظام المكونة لمفصل الركبة نتيجة احتكاك هذه الغضاريف ببعضها مما يؤدى لصعوبة حركة المفصل وعلى المدى البعيد قد تتعرض العظام للتآكل أيضًا.

٢ **ما مدى صحة العبارة: توجد المفاصل الغضروفية بين جميع مفاصل العمود الفقرى ؟**
غير صحيحة؛ لأنه لا يوجد مفاصل غضروفية بين الفقرات العجزية وبعضها والعصعصية وبعضها؛ لأنها فقرات ملتحمة معًا.

## ٤ الأربطة

**نوع النسيج:** ضام ليفى يتركب بشكل أساسى من بروتين الكولاجين.

**الوصف:** حزم منفصلة من النسيج الضام الليفى تثبت أطرافها على عظمتى المفصل.

**خصائصها:** تتميز أليافها بـ:

١ متانتها القوية ... **علل ؟**
حتى لا تتمزق بسهولة.

٢ وجود درجة عالية من المرونة ... **علل ؟**
حتى تسمح بزيادة طولها قليلا عند تعرض المفصل لضغط خارجى فلا تتقطع.

**مكان وجودها:** تصل العظام ببعضها عند معظم المفاصل.

**وظيفتها:**

١ ربط العظام ببعضها عند معظم المفاصل.

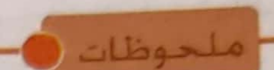
٢ تحديد حركة العظام عند المفاصل فى الاتجاهات المختلفة.

**مثال:** الأربطة الموجودة فى الركبة أربعة أربطة كالتالى:

1. رباط صليبى أمامى.
2. رباط صليبى خلفى.
3. رباط وسطى.

← بين الفخذ والقصبة.

4. رباط جانبى. ← بين الفخذ والشظية.




قد يحدث تمزق الأربطة فى بعض الحالات ... فسر؟

١- حدوث التواء فى بعض المفاصل كما فى الرباط الصليبى فى مفصل الركبة.
٢- فقد الأربطة مرونتها.
٣- تعرض المفصل لضغط خارجى قوى.

الفخذ
رباط صليبى خلفى
رباط وسطى
رباط صليبى أمامى
القصبة
الشظية

**الأربطة في مفصل الركبة (منظر أمامى)**

## أسئلة متنوعة

1. **علل:** يؤدى تمزق الرباط الصليبى إلى انعدام الثبات فى مفصل الركبة.

لأن الرباط الصليبى يعمل على ربط عظمة الفخذ بعظمة القصبة عند مفصل الركبة كما أنه يساعد على تحديد حركة الساق عند مفصل الركبة وبالتالى تمزق الرباط الصليبى يجعل عظام مفصل الركبة مفككة وغير مرتبطة ببعضها.

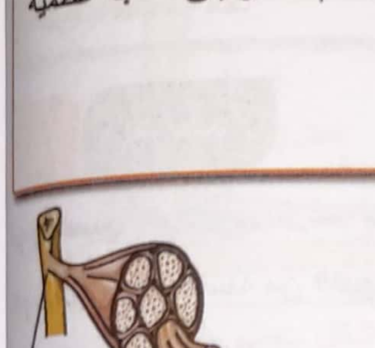
2. **علل:** لا توجد أربطة فى المفاصل الليفية.

لأن العظام عند هذه المفاصل تتصل مع بعضها بواسطة أنسجة ليفية تتحول مع تقدم العمر إلى أنسجة عظمية لذا فهى لا تحتاج إلى أربطة كما أن معظم هذه المفاصل لا تسمح بالحركة.

3. **اذكر مثال لعظام لا تحتوى على أربطة.**

عظام الجمجمة.




**نوع النسيج:** ضام قوى يتركب بصفة أساسية من بروتين الكولاجين.

**مكان وجودها:** تصل العضلات بالعظام عند المفاصل.

**وظيفتها:** ربط العضلات بالعظام عند المفاصل مما يسمح بالحركة عند انقباض أو انبساط العضلات.

**مثال:**

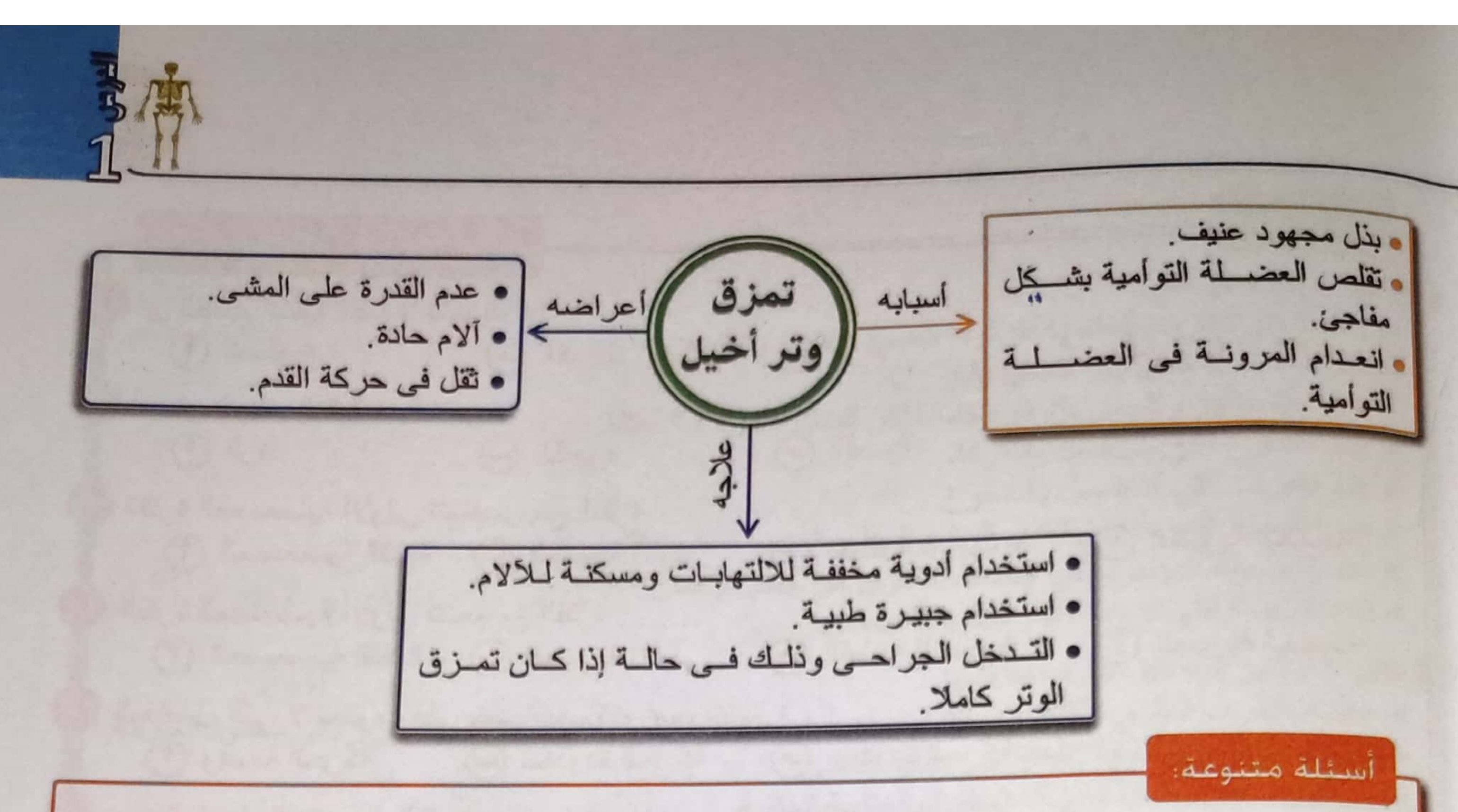
**وتر أخيل**

**وظيفته:**

يربط بين العضلة التوأمية (العضلة الخلفية أو عضلة بطن الساق) وعظمة كعب القدم (العظمة الخلفية) مما يساعد على حركة كعب القدم عند انقباض و انبساط العضلة مما يؤدى للمشى.




**وتر أخيل**




## أسئلة متنوعة:

١ فسر: هناك تشابه بين الأربطة والأوتار فى البنية الأساسية.

لأن كلا منهما يتكون من ألياف من أنسجة ضامة تتصل بالعظام عند المفاصل.

٢ فسر: للأوتار دور مشترك بين الجهاز الهيكلى والجهاز العضلي.

لأنها تربط العضلات بالعظام عند المفاصل مما يسمح بالحركة عند انقباض أو انبساط العضلات.

٣ ما الملاءمة الوظيفية لـ: لمفاصل الزلالية ؟

١- تشكل معظم مفاصل الجسم.

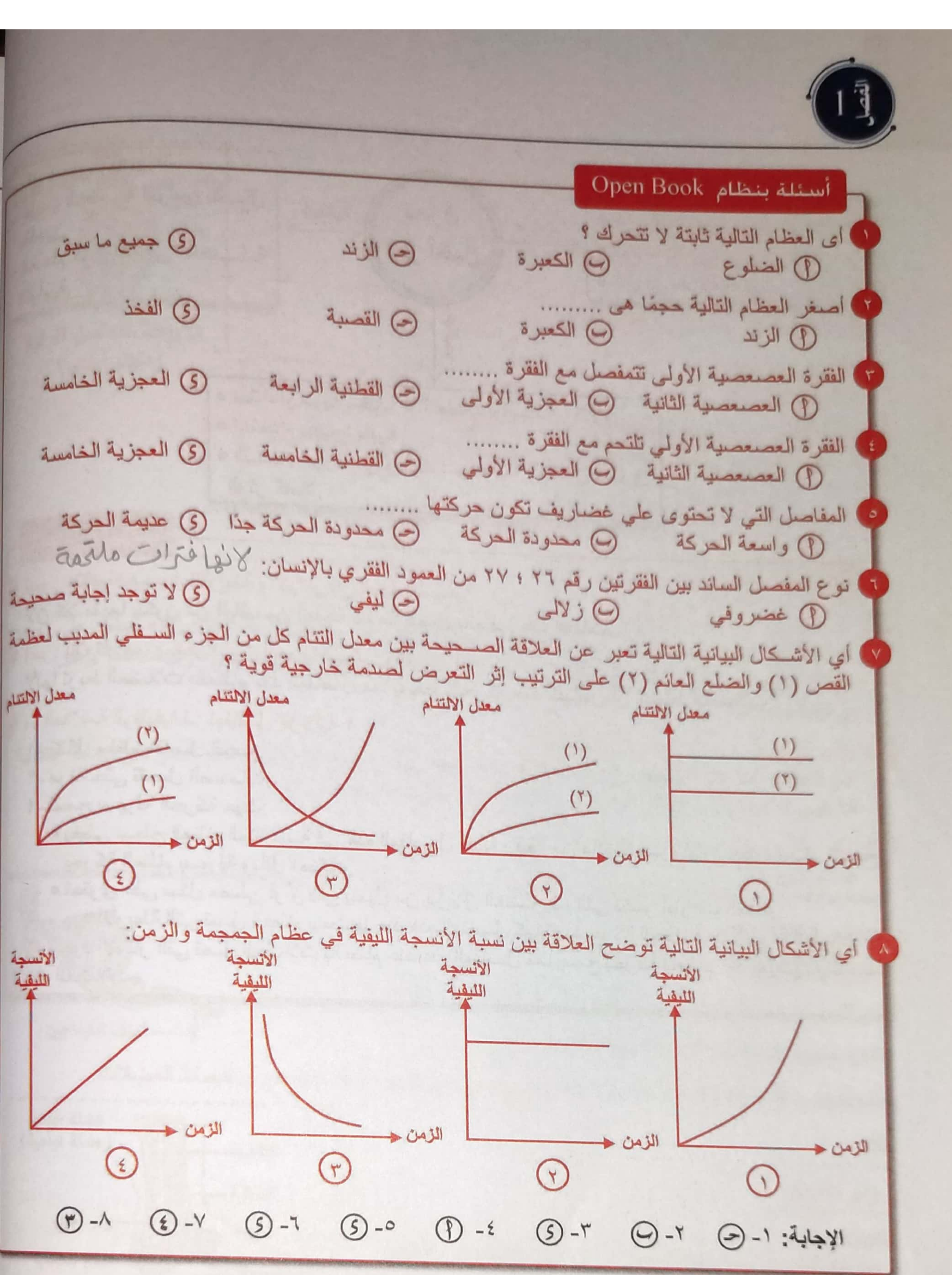
٢- مرنة حتى تتحمل الصدمات.

٤- تسمح بسهولة الحركة حيث:

- يغطى سطح العظام المتلامسة فى هذه المفاصل طبقة رقيقة من مادة غضروفية شفافة ملساء تسمح بحركة العظام بسهولة وبأقل احتكاك.
- تحتوى على سائل مصلى أو زلالى يسهل من انزلاق الغضاريف التى تكسو أطراف العظام.

٥- وجود الأربطة التى تصل العظام ببعضها عند هذه المفاصل كما تحدد حركة العظام فى الاتجاهات المختلفة.

٦- وجود الأوتار التى تصل العضلات بالعظام عند هذه المفاصل مما يسمح بحركة العظام عند انقباض وانبساط هذه العضلات.





## أسئلة بنظام Open Book

١ أى العظام التالية ثابتة لا تتحرك ؟

(أ) الضلوع (ب) الكعبرة (ج) الزند (د) جميع ما سبق

٢ أصغر العظام التالية حجمًا هى .........

(أ) الزند (ب) الكعبرة (ج) القصبة (د) الفخذ

٣ الفقرة العصعصية الأولى تتمفصل مع الفقرة ........

(أ) العصعصية الثانية (ب) العجزية الأولى (ج) القطنية الرابعة (د) العجزية الخامسة

٤ الفقرة العصعصية الأولي تلتحم مع الفقرة ........

(أ) العصعصية الثانية (ب) العجزية الأولى (ج) القطنية الخامسة (د) العجزية الخامسة

٥ المفاصل التي لا تحتوى علي غضاريف تكون حركتها ........

(أ) واسعة الحركة (ب) محدودة الحركة (ج) محدودة الحركة جدًا (د) عديمة الحركة

لأنها فترات ملتحمة

٦ نوع المفصل السائد بين الفقرتين رقم ٢٦ ، ٢٧ من العمود الفقري بالإنسان:

(أ) غضروفي (ب) زلالي (ج) ليفي (د) لا توجد إجابة صحيحة

٧ أي الأشكال البيانية التالية تعبر عن العلاقة الصحيحة بين معدل التئام كل من الجزء السفلي المدبب لعظمة القص (١) والضلع العائم (٢) على الترتيب إثر التعرض لصدمة خارجية قوية ؟



٨ أي الأشكال البيانية التالية توضح العلاقة بين نسبة الأنسجة الليفية في عظام الجمجمة والزمن:



**الإجابة:** ١- (ج) ٢- (ب) ٣- (د) ٤- (أ) ٥- (د) ٦- (د) ٧- (٤) ٨- (٣)

Scanned with CamScanner

اختبر نفسك

**١ اذكر الرقم الدال علي:**

- عدد أشكال الفقرات العظمية المكونة للعمود الفقري بالإنسان. ٧
- الفقرة المنصفة لعنق ذكر إنسان بالغ. ٤
- عدد عظام الجزء المخي من الجمجمة لذكر إنسان عمره ٦٠ عامًا. ١
- عدد الضلوع التي لا تتصل بالفقرات. ٤
- عدد الفقرات التي لا تتصل بالضلوع. ٣٣ فقرة - ١٢ فقرة ظهرية = ٢١
- عدد الأوعية الدموية التي تغذي الجزء السفلي المدبب لعظمة القص. صفر
- عدد التجاويف الموجودة في النصف العلوي من جسم الإنسان. ٤ (تجويف أرواح + تجويف بالأذن)
- عدد الأربطة التي تربط عظام الجمجمة ببعضها. صفر

**٢ اكتب ما تشير إليه كل عبارة مما يلي:**

- عظمة بالطرف العلوي تشترك في تكوين مفصلين أحدهما زلالي واسع الحركة والآخر زلالي محدود الحركة. العضد
- نسيج ضام قوي يساعد الإنسان في عملية المشي. وتر أخيل
- نسيج كولاجيني يصل العضلة الخلفية بالعظمة الخلفية نسيج ضام - وتر
- خاصية فيزيائية تدعم خلايا نبات البسلة فسيولوجيا. خاصية أسموزية
- خاصية فيزيائية توفر الغذاء والأكسجين للنسيج الغضروفي. الانتشار

الدرس 2

# الحركة فى الكائنات الحية

**الحركة**

ظاهرة تميز جميع أنواع الكائنات الحية وهى تنشأ ذاتياً نتيجة تعرض الكائن الحى لإثارة مفيستجيب لها إيجابًا أو سلبًا وفى كلتا الحالتين تكون الاستجابة حدوث الحركة.

## أنواع الحركة فى الكائنات الحية

| | حركة دائبة | حركة موضعية | حركة كلية |
|---|---|---|---|
| موضع حدوثها | داخل كل خلية من خلايا الكائن الحى. | تحدث لبعض أجزاء الكائن الحى. | يتحرك بها الكائن الحى من مكان لأخر. |
| أهميتها | استمرار الأنشطة الحيوية داخل الخلايا. | ——— | بحثًا عن الغذاء أو سعيًا وراء الجنس الآخر أو تلافيًا لخطر ما فى بيئته. |
| أمثلة | الحركة الدورانية السيتوبلازمية. | الحركة الدودية فى أمعاء الفقاريات. | هجرة الطيور. |

**ملحوظات**

- تؤدى حركة الحيوان وتنقله من مكان لآخر (الحركة الكلية) إلى زيادة انتشاره.. وكلما كانت وسائل الحركة فى الحيوان قوية وسريعة كلما اتسعت دائرة انتشاره.
- الحشرات من أكثر الكائنات الحية انتشارًا على سطح الأرض ... علل؟
لأن وسائل حركة الحشرات قوية وسريعة وكلما كانت وسائل الحركة قوية وسريعة كلما اتسعت دائرة انتشار الحيوان فى بيئته، ويرجع ذلك أيضًا إلى كثرة المخاطر التى تتعرض لها للمحافظة على النوع من الانقراض.
- إحدى أنواع الحركة غير موجودة فى النبات: الحركة الكلية.

## شروط الحركة وحفظ التوازن فى الحيوان

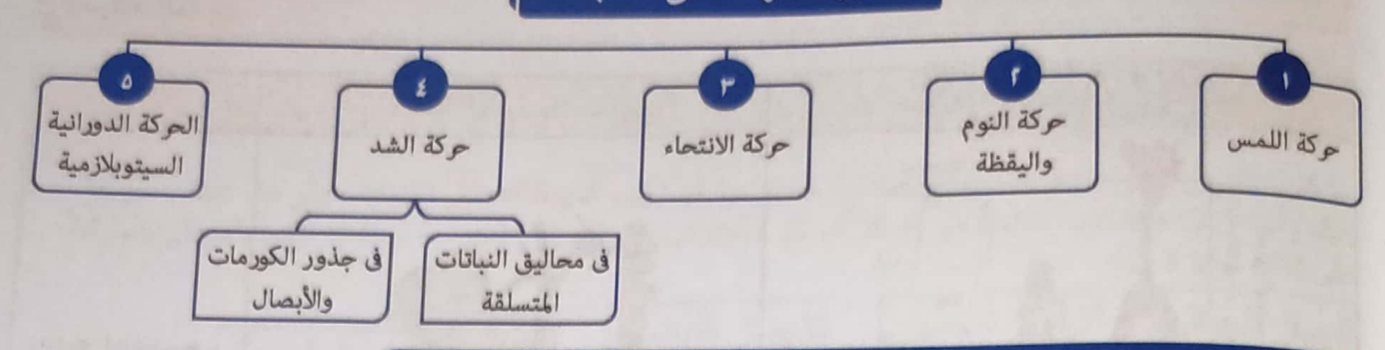
١ وجود هيكل صلب (مرتكز صلب) تتصل به العضلات؛ ليتمكن الحيوان من الحركة والمحافظة على توازنه.

٢ أن يتكون الهيكل من قطع تتصل ببعضها اتصالًا مفصليًا يتيح الحركة، وقد يكون هذا الهيكل:

- **هيكل خارجى:** كما فى المفصليات، مثل: الحشرات.
- **هيكل داخلى:** كما فى الفقاريات فيسمى هيكل الحيوان، وقد يكون:
  - ✓ **غضروفيًا:** كما فى الأسماك الغضروفية (سمكة القرش والراى).
  - ✓ **عظميًا:** كما فى الأسماك العظمية (سمكة البلطى والبورى).

## أولاً الحركة في النبات

تتعدد أنوع الحركة فى النبات ... فسر؟
لاختلاف نوع المثير الذى يتعرض له النبات (مثل: الرطوبة والجاذبية واللمس والضوء وغيرها).




## مقارنة بين حركة اللمس وحركة النوم واليقظة وحركة الانتحاء

| | حركة اللمس | حركة النوم واليقظة | حركة الانتحاء |
|---|---|---|---|
| مكان حدوثها | فى بعض وريقات نبات المستحية. | نبات المستحية وبعض البقوليات. | جميع النباتات. |
| كيفية حدوثها | تتدلي الوريقات بمجرد لمسها كما لو أصابها الذبول. | - تتقارب الوريقات بحلول الظلام مما يعبر عن نوم النبات.<br>- تتبسط الوريقات بحلول النور مما يعبر عن يقظة النبات. | تستجيب مختلف أجزاء النبات لمؤثرات مختلفة منها الضوء والرطوبة والجاذبية فتنتحى نحو المؤثر أو بعيدًا عنه. |

### الحركة الدورانية السيتوبلازمية:

**الحركة الدورانية السيتوبلازمية**

انسياب السيتوبلازم فى حركة دورانية مستمرة داخل الخلية في اتجاه واحد.

### كيفية التوصل إليها:

- عند فحص خلية ورقة الإيلوديا (نبات مائى) تحت القوة الكبرى للمجهر يظهر السيتوبلازم على هيئة طبقة رقيقة تبطن جدار الخلية من الداخل ... علل؟
لأن الفجوة العصارية فى الخلية النباتية تشغل معظم حجمها لامتلائها بالماء نتيجة امتصاصه بالخاصية الأسموزية لتدعيم الخلية النباتية كدعامة فسيولوجية.
- يمكن الاستدلال على حركة السيتوبلازم من خلال دوران البلاستيدات الخضراء المنغمسة فى السيتوبلازم محمولة فى تياره.




الحركة الدورانية للسيتوبلازم

**ملحوظة**

تظهر الحركة السيتوبلازمية واضحة بشكل كبير فى نبات الإيلوديا ... **علل ؟**

لأنه نبات مائى تمتلئ خلاياه بالماء نتيجة امتصاص الماء بالخاصية الأسموزية مما يساعد على حركة البلاستيدات الخضراء المنغمسة فى السيتوبلازم محمولة فى تياره كما أن بلاستيداته كبيرة الحجم.

## حركة الشد

| | حركة الشد بالمحاليق | حركة الشد بالجذور الشادة |
|---|---|---|
| **رسم توضيحى** | محلاق<br>جسم صلب<br>ساق | سطح الأرض<br>العمق بالسنتيمترات<br>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12<br>(1) (2) (3) (4) |
| **المقصود بها** | التفاف محلاق النبات المتسلق حول الدعامة فيقوم بشد ساق النبات نحو الدعامة. | تقلص جذور السيقان الأرضية المختزنة للغذاء كالكورمات أو الأبصال فيشد النبات لأسفل. |
| **اتجاه الحركة** | لأعلى. | لأسفل. |
| **كيفية الحدوث** | - يبدأ الحالق عمله بأن يدور فى الهواء حتى يلامس جسمًا صلبًا (دعامة).<br>- يلتف الحالق حول الجسم الصلب بمجرد لمسه ويوثق الالتصاق به.<br>- يتموج ما بقى من أجزاء الحالق فى حركة لولبية فينقص طوله وبذلك يقترب الساق نحو الدعامة فيستقيم الساق رأسياً.<br>- يتغلظ الحالق لما يتكون فيه من أنسجة دعامية فيقوي ويشتد. | - يتقلص جذور الكورمة أو البصلة فتشد النبات إلى أسفل.<br>- تهبط الكورمة أو البصلة إلى المستوي الطبيعي المناسب لها من التربة. |
| **الأهمية** | استقامة ساق النبات المتسلق رأسيًا. | تظل الساق الأرضية (الكورمة أو البصلة) دائمًا على بعد مناسب وطبيعي من التربة مما يزيد من تدعيمها وتأمين أجزائها الهوائية ضد تأثير الرياح. |
| **الأمثلة** | النباتات المتسلقة مثل البازلاء. | الكورمات والأبصال كأبصال النرجس. |

**ملحوظات**

- يلتف المحلاق حول الدعامة ... **علل ؟**
بسبب بطء نمو المنطقة التى تلامس الدعامة وسرعة نمو المنطقة التى لا تلامس الدعامة فتستطيل، مما يؤدى إلى التفاف الحالق حول الدعامة.
- إذا لم يجد الحالق فى حركته الدورانية ما يلتصق به (الدعامة) ... **ماذا يحدث ؟**
لا تستقيم ساق النبات رأسيًا إلى أعلى ويفقد تدعيمه فيذبل ويموت.

## ثانيًا الحركة في الإنسان

لما كان الإنسان أرقى الكائنات الحية فسنتناول بالدراسة فيما يلى الحركة كمثال للثديات، ولو أنك تأملت حركة يديك وأنت تقلب صفحات الكتاب أو حركة قدميك وأنت فى طريقك إلى المدرسة لوجدت أنك تعتمد فى الحركة على ثلاثة أجهزة هى:




### الحركة

**الجهاز الهيكلى**
- يشكل مكان اتصال مناسب للعضلات.
- دعامة للأطراف المتحركة.
- تقوم المفاصل بدور هام فى حركة أجزاء الجسم المختلفة.

**الجهاز العصبى**
- يعطي أوامر للعضلات فى صورة سيالات عصبية فتستجيب العضلات لذلك فى صورة انقباض وانبساط يتيح الحركة.

**الجهاز العضلى**
- تتميز بعض العضلات بقدرتها على الانقباض والانبساط مما يؤدي لحدوث حركة.

### العضلات

**إرادية**
- يستطيع الإنسان التحكم فيها.
- عضلات هيكلية مخططة
- تشكل معظم عضلات الجسم

**لا إرادية**
- لا يستطيع الإنسان التحكم فيها.
- قد تكون:
  - **ملساء:** كمعظم العضلات اللاإرادية.
  - **مخططة:** كعضلة القلب فقط.



ملحوظة

تعتبر عضلة القلب حلقة الوصل بين جميع العضلات الأخرى ... علل ؟
لأنها:
١- عضلة لا إرادية لا يستطيع الإنسان التحكم فيها.
٢- عضلة مخططة كالعضلات الإرادية تحتوي على مناطق مضيئة وأخرى داكنة.

## الجهاز العضلى Muscular System

**الجهاز العضلى**
عبارة عن مجموع عضلات الجسم التى بواسطتها يمكن تحريك أجزاء الجسم المختلفة.

يتركب الجهاز العضلى من وحدات تركيبية تسمى العضلات **Muscles** ... علل ؟
وهذه العضلات تمكن الإنسان من القيام بحركاته الميكانيكية والتنقل من مكان لآخر.

### العضلات

**تكوينها:** مجموعة من الأنسجة العضلية والتي تعرف باللحم.

**عددها:** حوالى ٦٢٠ عضلة أو أكثر.

**خصائصها:**

- خيطية الشكل بوجه عام.
- لها قدرة على الانقباض والانبساط لتأدية الأنشطة والوظائف المختلفة.

**وظائفها:**

١. الحركة وتشمل تغيير وضع عضومعين بالنسبة لباقي أعضاء الجسم.
٢. أداء الجسم لحركاته الميكانيكية.
٣. الانتقال من مكان لآخر
٤. المحافظة على وضع الجسم من حيث الجلوس أو الوقوف ... علل ؟
بفضل عضلات الرقبة والجذع والأطراف السفلية.
٥. استمرار تحرك الدم داخل الأوعية الدموية والمحافظة على ضغط الدم ... علل ؟
بسبب انقباض العضلات اللاإرادية الملساء التى تبطن جدران هذه الأوعية الدموية.

### تركيب العضلة الهيكلية

**الألياف العضلية**
خيوط رفيعة متماسكة مع بعضها توجد فى حزم محاطة بغشاء الحزمة تكون العضلات الهيكلية.

- تتركب العضلة الهيكلية من عدد كبير من خيوط رفيعة متماسكة مع بعضها تسمى **الألياف (الخلايا) العضلية Muscle Fibers.**
- توجد الألياف العضلية دائمًا فى مجموعات تعرف بـ«**الحزم العضلية**» وهى التى تحاط بغشاء يعرف بـ«**غشاء الحزمة**».



- **كل ليفة (خلية) عضلية تتكون من:**
  - ❖ **المادة الحية (البروتوبلازم)** الذى يشمل السيتوبلازم (الذى يعرف فى العضلات بالساركوبلازم) وعدد كبير من الأنوية.
  - ❖ غشاء خلوى يحيط بالساركوبلازم يعرف بـ«**الساركوليما**».
  - ❖ مجموعة من **لييفات عضلية Myofibrils** يتراوح عددها ما بين ألف إلى ألفين لييفة مرتبة طوليًا وموازية للمحور الطولى للعضلة.

- **كل لييفة عضلية تتكون من:**
  - ❖ **مجموعة من الأقراص (المناطق) المضيئة:**
    - يرمز لها بالرمز (I).
    - تتكون من خيوط بروتينية رفيعة تسمى أكتين Actin ويقطعها فى منتصفها خط داكن يرمز له بـ (Z).
  - ❖ **مجموعة من الأقراص (المناطق) الداكنة:**
    - يرمز لها بـ(A).
    - تتكون من خيوط الأكتين بالإضافة إلى نوع آخر من الخيوط البروتينية السميكة تسمى الميوسين Myosin، ويتوسطها منطقة شبه مضيئة يرمز لها بـ(H) وهى تتكون من خيوط الميوسين فقط.

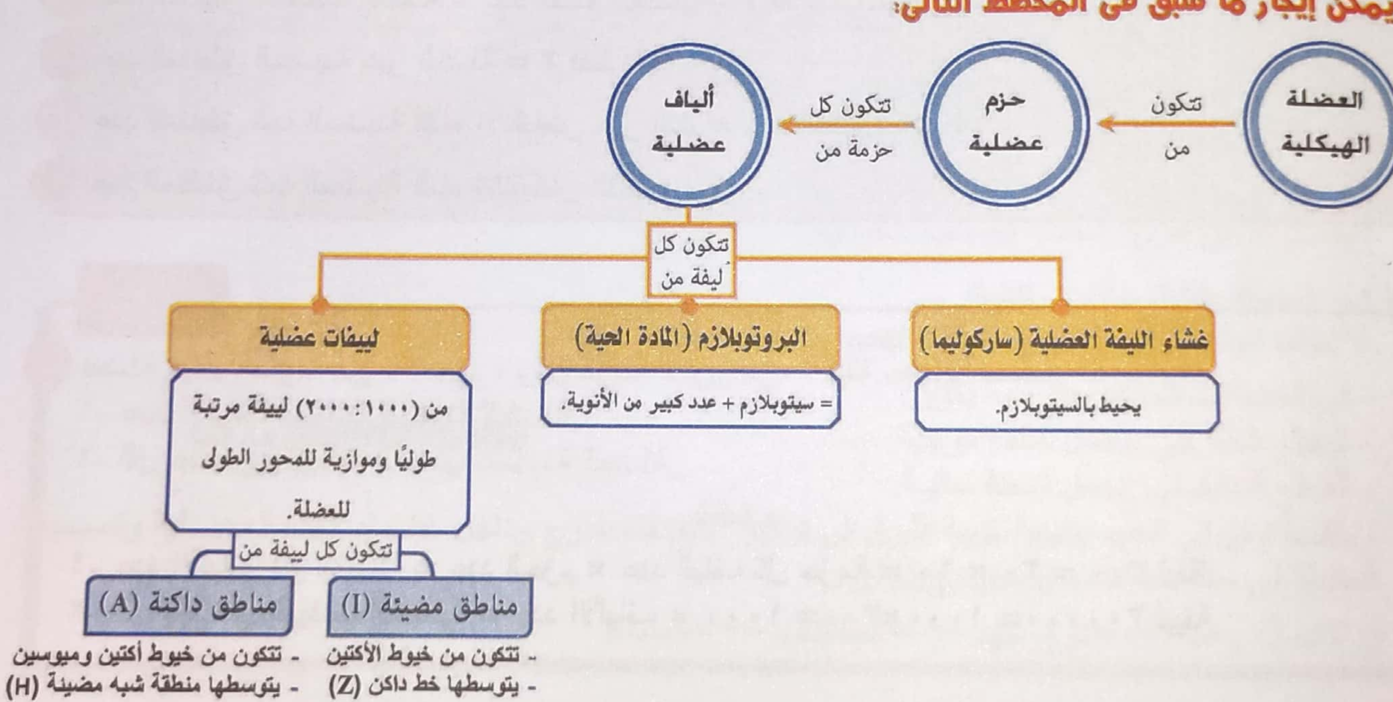
عضلة
حزمة من ألياف عضلية
ليفة عضلية
لييفة عضلية
قطعة عضلية
I A I Z H Z
أكتين
ميوسين

**تركيب العضلات الهيكلية**

## مقارنة بين الساركوليما والساركوبلازم والساركومير:

| الساركوليما | الساركوبلازم | الساركومير = القطعة العضلية |
|---|---|---|
| غشاء خلوي يحيط بسيتوبلازم الليفة العضلية. | سيتوبلازم موجود فى الليفة العضلية يحتوي على عدد كبير من الأنوية. | المسافة بين كل خيطين متتاليين (z) والموجود فى منتصف المناطق المضيئة فى الليفة العضلية. |

**ويمكن إيجاز ما سبق فى المخطط التالى:**





## ملحوظات

- تسمي العضلات الهيكلية والقلبية بالعضلات المخططة بينما تسمي العضلات الملساء بالعضلات غير المخططة ... علل ؟

لأن العضلات الهيكلية والقلبية تحتوي على مناطق مضيئة تحتوي على خيوط أكتينية رفيعة ومناطق داكنة بها خيوط أكتينية رفيعة وأخرى ميوسينية سميكة، بينما العضلات الملساء لا تحتوي على هذه المناطق.

- تحتوي العضلات على عدد كبير من الميتوكوندريا ... علل ؟

لأنها تحتاج كمية كبيرة من الطاقة التى تنتجها الميتوكوندريا واللازمة لعملية الانقباض والانبساط مما يسمح بالحركة وتأدية أنشطة ووظائف الجسم المختلفة.

- مقارنة بين العضلة التوأمية ووتر أخيل من حيث المكونات الأساسية (التركيب الكيميائى):

| العضلة التوأمية | وتر أخيل |
|---|---|
| - ألياف عضلية.<br>- تتكون من بروتينات تركيبية هي الأكتين والميوسين. | - أنسجة ضامة قوية.<br>- يتكون من بروتين تركيبى هو الكولاجين. |

## إرشادات لحل المسائل

1. عدد الألياف العضلية الموجودة فى العضلة = عدد الحزم × عدد الألياف العضلية الموجودة فى كل حزمة.
2. أقل عدد من اللييفات العضلية = عدد الألياف العضلية × ١٠٠٠.
3. أكبر عدد من اللييفات العضلية = عدد الألياف العضلية ×٢٠٠٠.
4. عدد المناطق الداكنة (A) = عدد المناطق شبه المضيئة (H) = عدد القطع العضلية.
5. عدد المناطق المضيئة (I) = عدد خطوط (Z) = عدد القطع العضلية + ١.
6. عدد المناطق المضيئة الكاملة = عدد القطع العضلية - ١ = عدد المناطق المضيئة - ٢.
7. عدد المناطق المضيئة غير الكاملة = ٢ فقط دائماً.
8. عدد المناطق شبه المضيئة أثناء الانقباض غير التام = عدد القطع العضلية.
9. عدد المناطق شبه المضيئة أثناء الانقباض التام = صفر.

## مثال (١)

عضلة هيكلية مكونة من ١٠ حزم ، وكل حزمة تتكون من ٣٠ ليفة عضلية احسب:

١- عدد الألياف العضلية المكونة للعضلة.

٢- أقل عدد من اللييفات العضلية المكونة للعضلة.

**الحل:**

١- عدد الألياف فى العضلة = عدد الحزم × عدد ألياف كل حزمة = ١٠ × ٣٠ = ٣٠٠ ليفة.

٢- أقل عدد من اللييفات العضلية = عدد الألياف × ١٠٠٠ = ٣٠٠×١٠٠٠ =٣٠٠٠٠٠ لييفة.

**مثال (٢)**

لييفة عضلية تتكون من ٥ مناطق داكنة (A) احسب:
١- عدد القطع العضلية.
٢- عدد الخطوط الداكنة (Z).
٣- عدد المناطق المضيئة (I).
٤- عدد المناطق المضيئة الكاملة.
٥- عدد المناطق المضيئة غير الكاملة.
٦- عدد المناطق شبه المضيئة (H) أثناء الانقباض التام.

**الحل:-**

١- عدد القطع العضلية = عدد المناطق الداكنة = ٥
٢- عدد الخطوط الداكنة = عدد القطع + ١ = ٥ + ١ = ٦
٣- عدد المناطق المضيئة = عدد المناطق الداكنة +١ =٥ + ١ = ٦
٤- عدد المناطق المضيئة الكاملة = عدد القطع - ١ = ٥ - ١ = ٤
٥- عدد المناطق المضيئة غير الكاملة = ٢
٦- عدد المناطق شبه المضيئة (H) أثناء الانقباض التام = صفر.

## الانقباض العضلى

العضلات هى المسئولة عن الحركات المختلفة للجسم ... **علل ؟**
وذلك لقدرتها على الانقباض والانبساط لتأدية أنشطة ووظائف الجسم المختلفة.

**تفسير الانقباض العضلى**

**كيميائيًا**: سيال عصبى+ليفة عضلية= انقباض

**ميكانيكيًا**: ميوسين+ATP+روابط مستعرضة+أكتين= انقباض

## أولاً: التفسير الكيميائى:

**اشرح فسيولوجية استجابة العضلة الهيكلية للسيالات العصبية التى تصل من المخ والحبل الشوكي إلى العضلات عن طريق الخلايا العصبية الحركية.**

تمر العضلة بثلاث حالات متتالية:

**(١) حالة الراحة (قبل استقبال السيال العصبي).**

- فى العضلات الهيكلية الإرادية يكون:
- السطح الخارجي: يحمل شحنة موجبة.
- السطح الداخلي: يحمل شحنة سالبة.

خارج + + + + + + + + + +
غشاء الخلية
داخل - - - - - - - - - - -

، ينشأ فرق فى الجهد بينهما نتيجة للفرق فى تركيز الأيونات خارج وداخل غشاء الليفة العضلية وتصبح العضلة فى حالة استقطاب Polarization.

وبالاجمال: راحة ← فرق جهد ← استقطاب ← انبساط.

(٣) **حالة الإثارة (عند استقبال السيال العصبى).**

- عند وصول السيال العصبي إلى الحويصلات بالنهايات العصبية للخلايا العصبية الحركية تدخل أيونات الكالسيوم $Ca^{+2}$ إليها فتعمل على تفجيرها وتحرر بعض المواد الكيميائية التى تعرف بالنواقل العصبية مثل الأسيتيل كولين.
- تسبح النواقل العصبية فى الفراغ الموجود بين النهايات العصبية والليفة العضلية حتى تصل لغشاء الليفة العضلية
- تزداد نفاذية غشاء الخلية لأيونات الصوديوم الموجبة نحو الداخل بسرعة فتنعكس الشحنات ويصبح الغشاء الخارجي سالب والداخلى موجب فيتلاشي فرق الجهد وتصبح العضلة فى حالة لا استقطاب Depolarization مما يؤدي إلى انقباض العضلة.

وبالاجمال: إثارة ←تنعكس الشحنات ←يتلاشى فرق الجهد ←انقباض.

خارج
غشاء الخلية
داخل

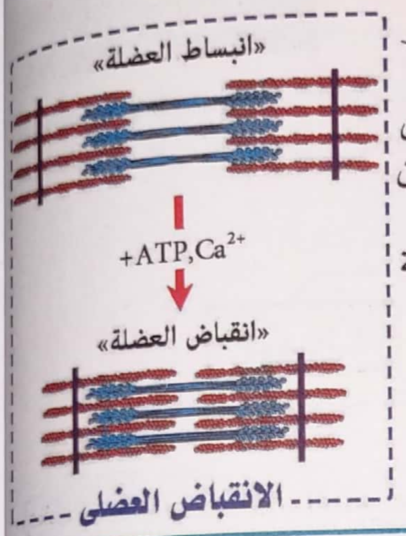
(٣) **حالة العودة إلى الراحة: بعد جزء من الثانية.**

- يعود فرق الجهد عبر غشاء الليفة العضلية إلى وضعه الطبيعى بعد جزء من الثانية ... **فسر؟**
وذلك بفعل عمل إنزيم الكولين استيريز وهو إنزيم متوافر فى نقاط الاتصال العصبى - العضلى والذى يعمل على تحطيم الأسيتيل كولين (يحوله إلى كولين وحمض الخليك) وبالتالى يبطل عمله وتعود نفاذية غشاء الليفة العضلية إلى وضعها الطبيعى فى حالة الراحة (قبل استقبال السيال العصبى) وتكون مهيأة للحفز العصبي مرة أخرى.

## ثانيًا: التفسير الميكانيكى (نظرية الخيوط المنزلقة لهكسلى):

تعتبر فرضية الخيوط المنزلقة أو نظرية الانزلاق التى اقترحها هكسلى أشهر الفروض التى فسرت انقباض العضلة ... **فسر؟**

- لأنها تعتمد على التركيب المجهرى الدقيق لألياف العضلات، حيث تتكون كل ليفة عضلية من مجموعة من لييفات وكل لييفة عضلية تتكون من نوعين من الخيوط البروتينية إحداهما رفيعة أكتينية والأخرى غليظة ميوسينية.
- استخدم هكسلى المجهر الإلكترونى فى المقارنة بين ليفة عضلية فى حالة انقباض وأخرى فى حالة انبساط.



الانقباض العضلى

**الروابط المستعرضة**

خيوط يتم تكوينها بمساعدة أيونات الكالسيوم تمتد من خيوط الميوسين لكى تتصل بخيوط الأكتين أثناء انقباض العضلة.

| | الليفة العضلية فى حالة الانقباض | الليفة العضلية فى حالة الانبساط |
|---|---|---|
| وجه اختلاف | - تتصل الروابط المستعرضة التى تمتد من خيوط الميوسين بخيوط الأكتين حيث تعمل كخطاطيف تسحب بمساعدة الطاقة المختزنة فى جزيئات ATP المجموعات المتجاورة من خيوط الأكتين باتجاه بعضها البعض فتنزلق مما يؤدى إلى انقباض العضلة.<br>- تتقارب خطوط (Z) فيقل طول العضلة. | - تبتعد الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتنفصل خيوط الأكتين عن خيوط الميوسين مما يؤدى لانبساط العضلة بعد استهلاك الطاقة المخزنة فى جزيئات ATP عن بعضها فتتباعد خطوط (Z) فتعود القطعة العضلية إلى طولها الأساسي. |
| وجه شبه | كل منها تحتاج الطاقة المختزنة فى جزيئات ATP. | |

التغيرات التى تطرأ على الليفة العضلية الهيكلية أثناء الانقباض:

| | |
|---|---|
| المنطقة المضيئة (I) | يقل طولها؛ بسبب تقارب خيوط الأكتين من بعضها البعض. |
| المنطقة شبه المضيئة (H) | يقل أوينعدم طولها حسب قوة الانقباض. |
| المنطقة الداكنة (A) | يبقي طولها كما هو. |
| القطعة العضلية | يقل طولها؛ بسبب تقارب خطوط (Z) من بعضها. |
| خيوط (Z) | تتقارب من بعضها فيقل طول القطعة العضلية. |
| خيوط الأكتين | تتقارب من بعضها فيقل طول المنطقة المضيئة. |
| خيوط الميوسين | تمتد منها روابط تعمل كخطاطيف تسحب بمساعدة الطاقة المختزنة فى جزيئات ATP المجموعات المتجاورة من خيوط الأكتين فتنقبض العضلة. |

قصور النظرية

- استطاعت تفسير آلية انقباض العضلات الهيكلية فقط ولكنها لم تستطع تفسير آلية انقباض العضلات الملساء على رغم وجود بعض التقارير العلمية التى أثبتت أن الخيوط البروتنية فى ألياف العضلات الملساء تشبه إلى حد كبير خيوط الأكتين فى العضلات الهيكلية.

ملحوظات

- المؤثر الذى يسبب انقباض العضلة الإرادية هو وصول السيالات العصبية عن طريق الخلايا العصبية الحركية الآتية من المخ والحبل الشوكى والتي تتصل نهاياتها العصبية اتصالا محكمًا بالليفة العضلية مكونًا تشابك عصبى - عضلى Synapse.
- الأيون الذي يحفز العضلة للانقباض: الصوديوم.
- الأيون المسئول عن نقل السيال العصبى: الكالسيوم.
- المثير الكيميائى المسبب لانقباض العضلة: الأسيتيل كولين.
- المثير الكيميائى المسبب لانبساط العضلة: الكولين إستيريز.
- المخزون المباشر للطاقة فى العضلة: جزيئات ATP.
- المخزون الفعلى للطاقة فى العضلة: الجليكوجين (نشا حيوانى).

ماذا يحدث عند:

زوال المنبه (المؤثر) من العضلة المنقبضة ؟

- **كيميائيًا:** تعود نفاذية غشاء الليفة لوضعها الطبيعى فى حالة الراحة ويعود فرق الجهد وتكون مهيأة للحفز العصبى مرة أخرى وقادرة على الاستجابة لسيال عصبى جديد.
- **ميكانيكيًا:** تنفصل الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتتباعد خيوط الأكتين عن بعضها فتعود القطعة العضلية إلى طولها الأساسى مما يؤدى إلى انبساط العضلة.

## أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتي:

**١ تعتبر خيوط الأكتين جزء متحرك في القطعة العضلية.**

١- لأنه أثناء انقباض العضلة تعمل الروابط المستعرضة كخطاطيف تسحب بمساعدة الطاقة المختزنة في جزيئات ATP المجموعات المتجاورة من خيوط الأكتين باتجاه بعضها البعض.

٢- عند انبساط العضلة تتباعد الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتنفصل خيوط الاكتين عن خيوط الميوسين.

**٢ تلعب كل من جزيئات ATP وأيونات الكالسيوم دورًا مزدوجًا في الانقباض العضلي.**

أولاً: بالنسبة لجزيئات ATP.

لأن عملية اتصال الروابط المستعرضة بخيوط الأكتين وسحبها باتجاه بعضها البعض أثناء انقباض العضلة، وكذلك عملية انفصال الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين لتعود إلى وضعها الطبيعي أثناء عملية انبساط العضلة تحتاج للطاقة المختزنة في جزيئات ATP.

ثانيًا: بالنسبة لأيونات الكالسيوم.

١- تعمل على تفجير حويصلات التشابك الموجودة في النهايات العصبية عند وصول سيال عصبي إليها فتتحرر منها بعض النواقل العصبية مثل الأسيتيل كولين الذي يسبح في الفراغ الموجود بين النهايات العصبية وغشاء الليفة العضلية حتى يصل إلى السطح فتزداد نفاذيته لأيونات الصوديوم ويتلاشي فرق الجهد مما يؤدي لانقباض العضلة في النهاية.

٢- تدخل في تكوين الروابط المستعرضة التي تعمل كخطاطيف حيث تسحب المجموعات المتجاورة من خيوط الأكتين باتجاه بعضها البعض فتنزلق مما يؤدي إلى انقباض العضلة.

**٣ يتغير طول المنطقة المضيئة أثناء الانقباض العضلي بينما يبقي طول المنطقة الداكنة كما هو دون تغيير.**

لأن المنطقة المضيئة تتكون من خيوط الأكتين فقط بينما المنطقة الداكنة تتكون من خيوط الأكتين والميوسين معًا، وتعتبر خيوط الأكتين متحركة بينما خيوط الميوسين ساكنة فأثناء انقباض العضلة يتم سحب المجموعات المتجاورة من خيوط الأكتين باتجاه بعضها البعض ثم تنفصل عنها وتتباعد عن بعضها أثناء الانبساط بينما تظل خيوط الميوسين كما هي.

## الوحدة الحركية

**الوحدة الحركية**

مجموعة من الألياف العضلية يتراوح عددها ما بين (٥:١٠٠)، والخلية العصبية الحركية التى تغذيها وهى الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية.

### الهدف من دراستها:

التعرف على المظاهر الميكانيكية لعملية الانقباض العضلي؛ لأن انقباض العضلات ما هو إلا محصلة انقباض جميع الوحدات الحركية المكونة للعضلة.

ماذا نعنى أن الوحدة الحركية هي الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية ؟

### تركيبها:

- مجموعة من الألياف العضلية يتراوح عددها ما بين (٥ : ١٠٠).
- خلية عصبية حركية تغذي هذه الألياف.



الوحدة الحركية

- عند دخول الليف العصبى الحركى إلى العضلة ... **ماذا يحدث ؟**
يتفرع إلى عدد كبير من الفروع العصبية بحيث يغذى كل ليف عصبى حركى عددًا من الألياف العضلية يتراوح عددها ما بين (٥ : ١٠٠) ليف عضلى وذلك بواسطة تفرعاته النهائية التى يتصل الواحد منها بالصفائح النهائية الحركية Motor End Plate لليفة العضلية ويعرف مكان الاتصال هذا بـالوصلة العصبية ـ العضلية **Neuromuscular Junction**.

ما المقصود بالتغذية العصبية ؟

**الوصلة العصبية العضلية - التشابك العصبي - العضلي**

موضع أومكان اتصال تفرع نهائي لليف عصبى حركي (لخلية عصبية حركية) بالصفيحة النهائية الحركية لليفة العضلية.

**لاحظ الفرق:**

- موضع اتصال النهايات العصبية بالألياف العضلية:
الصفائح النهائية الحركية لغشاء الألياف العضلية.
العلاقة بين النهايات العصبية والألياف العضلية:
تكوين الوصلة العصبية العضلية.
- تتناسب قـــوة الانقباض طرديًا مع عدد الوحدات الحركية وعدد الألياف العضلية.
تتناسب سرعة الانقباض عكسيًا مع عدد الوحدات الحركية وعدد الألياف العضلية.
- ما الفرق بين انقباض عضلة جفن العين وعضلة الفخذ ؟ مع التفسير.
انقباض عضلة جفن العين سريع وضعيف؛ لأنها تحتوى على عدد أقل من الوحدات الحركية والألياف العضلية ، بينما انقباض عضلة الفخذ بطئ وقوي؛ لأنها تحتوى على عدد أكبر من الوحدات الحركية والألياف العضلية ؛ ومحصلة انقباض العضلة ما هو إلا محصلة انقباض جميع الوحدات الحركية المكونة لها.

**إرشادات حل المسائل**

١. إذا كانت ألياف الحزمة الواحدة تتراوح بين (٥:١٠٠) فإن كل حزمة تمثل وحدة حركية واحدة.
٢. أقـل عدد من الوحدات الحركية = $\frac{\text{عدد الألياف العضلية}}{١٠٠}$.
٣. أكبر عدد من الوحدات الحركية = $\frac{\text{عدد الألياف العضلية}}{٥}$.
٤. عدد الوصلات العصبية العضلية فى الحزمة = عدد الألياف العضلية فى الحزمة.
٥. عدد الوصلات العصبية العضلية فى العضلة = عدد الحزم × عدد الألياف العضلية فى الحزمة.
٦. قد تكتب الوحدة الحركية على صـورة (١ : عدد الألياف العضـلية ) حيث تعبر (١) عن خلية عصـبية حركية واحدة تغذيها.
٧. عدد الألياف (الخلايا) العصبية الحركية = عدد الوحدات الحركية.

**مثال (١)**

عضلة هيكلية بها ٢٠ حزمة تتكون كل منها من ٥٠ ليفة.. احسب:

١- عدد الوصلات العصبية العضلية فى الحزمة.
٢- عدد الوصلات العصبية العضلية فى العضلة.
٣- عدد الوحدات الحركية الموجودة فى العضلة.
٤- عدد الخلايا العصبية التى تغذي العضلة.
٥- عدد الألياف العضلية التى تغذيها الوحدة الحركية الواحدة.

**:-الحل:-**

١- عدد الوصلات العصبية العضلية فى الحزمة = ٥٠.
٢- عدد الوصلات العصبية العضلية فى العضلة = ٢٠ × ٥٠ = ١٠٠٠.
٣- عدد الوحدات الحركية فى العضلة = عدد الحزم = ٢٠.
٣- عدد الخلايا العصبية التى تغذى العضلة = عدد الوحدات الحركية = ٢٠.
٥- عدد الألياف العضلية التى تغذيها الوحدة الحركية الواحدة = ٥٠.

**مثال (٢)**

بفرض أن إحدى عضلات الرقبة بها ٥ حزم وكل حزمة بها ٢٠ ليفة عضلية، وإحدى عضلات الجذع بها ٧ حزم وكل حزمة بها ٣٠ ليفة عضلية بينمـــا تتكون العضلة التوأمية من ١٠ حزم وكل حزمة بها ٣٠ ليفة عضلية. رتب العضلات السابقة تنازليًا حسب: ١- قوة الانقباض. ٢- سرعة الانقباض.

**:-الحل:-**

∵ عدد الألياف العضلية فى كل عضلة = عدد الحزم × عدد الألياف العضلية فى كل حزمة.
∴ عدد الألياف العضلية بإحدى عضلات الرقبة = ٥ × ٢٠ = ١٠٠ ليفة.
عدد الألياف العضلية بإحدى عضلات الجذع = ٧ × ٣٠ = ٢١٠ ليفة.
عدد الألياف العضلية بالعضلة التوأمية = ١٠ × ٣٠ = ٣٠٠ ليفة.
، ∵ قوة الانقباض تتناسب طرديًا مع عدد الألياف العضلية.
∴ الترتيب الصحيح تنازليًا حسب قوة الانقباض كالتالى: العضلة التوأمية > عضلة الجذع > عضلة الرقبة.
، ∵ سرعة الانقباض تتناسب عكسيًا مع عدد الألياف العضلية.
∴ الترتيب الصحيح تنازليًا حسب سرعة الانقباض كالتالى: عصلة الرقبة > عضلة الجذع > العضلة التوأمية.

**مثال (٣)**

احسب عدد الوصلات العصبية فى عضلة تتكون من ٢٠ وحدة حركية كل منها بنسبة (١:١٥).

**:-الحل:-**

عدد الوصلات العصبية = عدد الألياف العضلية فى العضلة = عدد الوحدات الحركية × عدد ألياف كل وحدة حركية = ٢٠ × ١٥ = ٣٠٠ وصلة عصبية.

**فروق لغوية**

- الوحدة التركيبية للجهاز العضلي هي العضلات.
- الوحدة التركيبية للعضلة الهيكلية هي الليفة العضلية.
- الوحدة الوظيفية للعضلة الهيكلية هي الوحدة الحركية .
- أصغر وحدة انقباض فى العضلة الهيكلية هي القطعة العضلية.

## الإجهاد والشد العضلى

### سبب إجهاد وتعب العضلة:

انقباض العضلة بصورة متتالية وسريعة يسبب إجهادها وتعبها وذلك لأن الدم لا يستطيع نقل الأكسجين بالسرعة الكافية ليوفر للعضلة احتياجاتها من التنفس وإنتاج الطاقة، ولهذا تلجأ العضلة إلى تحويل مادة الجليكوجين (نشا حيواني) إلى جلوكوز الذى لا يلبث أن يتأكسد بطريقة التنفس اللاهوائى (لا يحتاج إلى أكسجين) لإنتاج طاقة تعطى العضلة فرصة أكبر للعمل، وينتج عن هذه العملية تراكم حمض معين يسمى حمض اللاكتيك Lactic Acid مسببًا تعب العضلة إجهادها.

### سبب الشد العضلى:

- مع استمرار إجهاد العضلة وتنفسها لاهوائيًا تتناقص جزيئات ATP مما يؤدى إلى عدم انفصال الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتظل مرتبطة بها وتظل العضلة فى حالة انقباض مستمر وغير قادرة على الانبساط مما يؤدى إلى حدوث الشد العضلى المؤلم.
- وصول نبضات عصبية غير صحيحة من المخ إلى العضلات مما يتعارض مع الأداء الطبيعي لها.

### آلية زوال إجهاد العضلة:

عند الراحة تصل العضلة كمية كافية من الأكسجين فتقوم بالتنفس الهوائي وإنتاج كمية كبيرة من جزيئات ATP فتنفصل الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين مما يؤدى إلى انبساط العضلة وتبدأ العضلة من جديد فى تتابع من الانقباضات والانبساطات.

### مقارنة بين عمليتى التنفس الهوائى واللاهوائى داخل العضلة:

| وجه المقارنة | التنفس الهوائى | التنفس اللاهوائى |
|---|---|---|
| توقيت الحدوث | عندما يصل العضلة كمية كافية من الأكسجين. | عندما لا يستطيع الدم نقل الأكسجين للعضلة بالسرعة الكافية نتيجة انقباض العضلة بصورة متتالية وسريعة. |
| نتائجه | ينتج عنه كمية كبيرة من جزيئات ATP تعمل على اتصال الروابط المستعرضة بخيوط الأكتين ثم انفصالها عنها فتقوم العضلة بتتابع من الانقباضات والانبساطات بصورة طبيعية. | تحويل مادة الجليكوجين (نشا حيواني) إلى جلوكوز يتأكسد لإنتاج كمية قليلة من الطاقة فتعطي العضلة فرصة أكبر للعمل، ويتراكم حمض اللاكتيك Lactic Acid مسببًا تعب العضلة إجهادها. |
| وضع العضلة | وضع الراحة (الانبساط). | إجهاد (تعب) العضلة. |
| قوة الانقباض | أكبر. | أقل. |

**ملحوظة**

ينصح الأطباء بعدم المشي أو الحركة عند الإصابة بالشد العضلي ... **فسر؟**
لأن الشد العضلي الزائد عن الحد يتسبب فى حدوث تمزق للعضلات وحدوث نزف دموى.

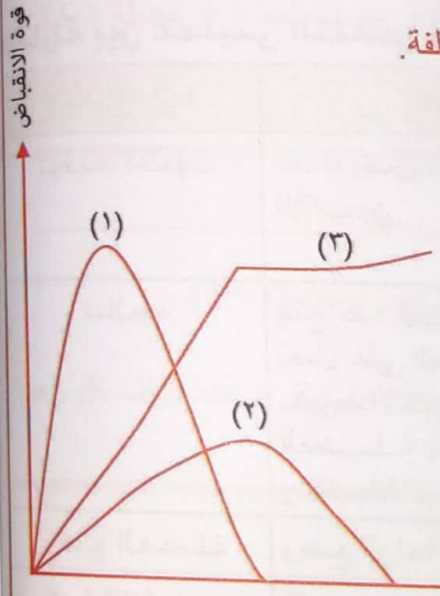
**أسئلة متنوعة:**

١ علل حدوث حالة الشد العضلي المؤلم.
- ميكانيكيًا: تناقص جزيئات ATP مما يؤدى إلى عدم انفصال الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتظل مرتبطة بها وتظل العضلة فى حالة انقباض مستمر وغير قادرة على الانبساط.
- كيميائيًا: عدم توافر إنزيم الكولين أستيريز فى نقاط الاتصال العصبي - العضلي مما يؤدى إلى عدم تحطيم الأسيتيل كولين فتظل العضلة فى حالة انقباض مستمر.
- عصبيًا: وصول نبضات عصبية غير صحيحة من المخ إلى العضلات مما يتعارض مع الأداء الطبيعي لها.
- هرمونيًا: نقص إفراز هرمون الباراثورمون الذي يسبب حدوث تشنجات عضلية مؤلمة.

٢ حدد وظيفة: الليف العصبي الحركى.
١- يغذي عددًا من الألياف العضلية يتراوح عددها بين (٥ : ١٠٠) بواسطة تفرعاته النهائية التى يتصل الواحد منها مع الصفيحة النهائية الحركية لليفة العضلية.
٢- يساعد على انقباض العضلة عند وصول المؤثر إليها.

٣ اقترح طريقتين مختلفتين لعلاج إجهاد العضلة أو الشد العضلي، وأيهما أسرع؟ مع التفسير.
١- الراحة وعدم الحركة لفترة زمنية معينة؛ فتصل العضلة كمية كافية من الأكسجين فتقوم بالتنفس الهوائى وإنتاج كمية كبيرة من جزيئات ATP فتنفصل الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين مما يؤدى إلى انبساط العضلة وتبدأ العضلة من جديد فى تتابع من الانقباضات والانبساطات.
٢- الحقن بهرمون الأدرينالين أو النورأدرينالين؛ فتصل العضلة احتياجاتها من الأكسجين والجلوكوز اللازم لإنتاج جزيئات ATP فيزول الإجهاد والشد العضلي.
✓ الطريقة الثانية أسرع؛ لأن التأثير الهرمونى لا يستغرق فترة زمنية طويلة.

٤ الشكل المقابل: يمثل معدل انقباض إحدى عضلات الجسم فى حالات مختلفة.
حدد اسم كل حالة وسبب حدوثها.




(١) انقباض وانبساط بصورة طبيعية؛ بسبب توافر جزيئات ATP.
(٢) انقباض وانبساط العضلة بصورة ضعيفة = إجهاد العضلة؛ بسبب انقباض العضلة بصورة متتالية وسريعة فلا يستطيع الدم نقل الأكسجين بالسرعة الكافية فتلجأ العضلة إلى تحويل الجليكوجين المخزن بها إلى جلوكوز يتأكسد لاهوائيًا لإنتاج كمية قليلة من ATP تعطى العضلة فرصة أكبر على العمل ويتراكم حمض اللاكتيك.
(٣) انقباض العضلة بصورة مستمرة = شد عضلى مؤلم وعدم قدرتها على الانبساط؛ بسبب تناقص جزيئات ATP مما يؤدى إلى عدم انفصال الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتظل مرتبطة بها وتظل العضلة فى حالة انقباض مستمر وغير قادرة على الانبساط مما يؤدى إلى حدوث الشد العضلى المؤلم.

## تابع الأسئلة المتنوعة

٥ الشكل المقابل يوضح انقباض العضلة التوأمية:

تركيز الجزيئات
(١) (٣)
انقباض (٢) انبساط

١- ما اسم هذه الجزيئات؟

جزيئات ATP (المخزون المباشر للطاقة).

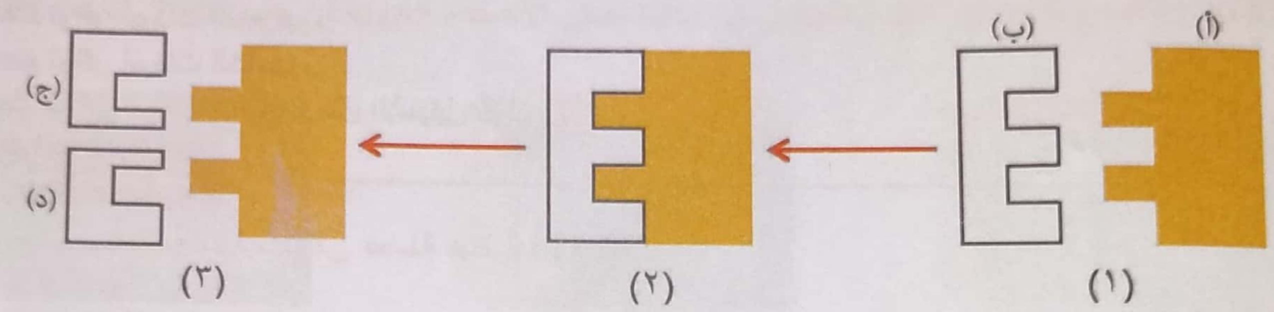
٢- لماذا يزداد عدد هذه الجزيئات أثناء الانقباض وبعد الانقباض؟

لأن عملية اتصال الروابط المستعرضة بخيوط الأكتين أثناء الانقباض ، وعملية انفصالها عنها بعد ذلك أثناء الانبساط تحتاج للطاقة المختزنة فى جزيئات ATP.

٣- ماذا يحدث فى حالة غياب هذه الجزيئات من هذه العضلة بعد انقباضها؟

لن تنفصل الروابط المستعرضة عن خيوط الأكتين فتظل مرتبطة بها وتظل العضلة فى حالة انقباض مستمر وغير قادرة على الانبساط مما يؤدى إلى شد عضلي مؤلم وقد يؤدى الشد العضلي الزائد عن الحد إلى تمزق فى العضلة التوأمية ونزف دموى، وقد يتمزق وتر أخيل مما يؤدي إلى آلام حادة، وثقل فى حركة القدم، وعدم القدرة على المشي.

٦




فى الشكل السابق:

١- إذا كانت المادة (د) هي حمض الخليك تعرف على المركبات (أ) ، (ب) ، (ج).

٢- متى وأين تحدث هذه العملية؟

٣- ماذا يترتب على عدم حدوثها؟

**:- الحل -:**

١- أ ◄— إنزيم الكولين أستيريز ؛ لأنه لم يحدث له تغيير.

ب ◄— الأسيتيل كولين (ناقل عصبى).

ج ◄— كولين.

٢- تحدث هذه العملية فى حالة العودة إلى الراحة بعد زوال المنبه من العضلة المنقبضة .. ، وتحدث هذه العملية فى نقاط الاتصال العصبي - العضلى.

٣- تظل العضلة منقبضة وغير قادرة على الانبساط مما يؤدى إلى شد عضلى مؤلم وتصبح العضلة غير قادرة على الاستجابة لسيال عصبي جديد.

٧ فسر يوصى بتناول أطعمة غنية بالفوسفور قبل أداء المباريات الرياضية.

لأن عنصر الفوسفور يدخل بصفة أساسية فى تكوين جزيئات ATP التى تعتبر المخزون المباشر للطاقة فى العضلات الهيكلية فتزداد قوة انقباض العضلات أثناء تأدية المباريات الرياضية ؛لأن عملية اتصال الروابط المستعرضة بخيوط الأكتين أثناء الانقباض وعملية انفصالها عنها أثناء الانبساط يحتاج للطاقة المخزونة فى جزيئات ATP.



- مما سبق نخلص إلى أن عملية الانقباض العضلي تحتاج إلى :

جزيئات ATP - أيونات الصوديوم - أيونات الكالسيوم - سيال عصبى - نواقل عصبية مثل الأسيتيل كولين.

(حقيبة أدوات الانقباض العضلى)

- عند غياب أحد هذه الأدوات لا يحدث انقباض للعضلة.
- قد لا تنقبض العضلة رغم وجود سيال عصبى ... **فسر ؟**

لغياب باقى الأدوات:

- عدم توافر جزيئات ATP.
- عدم توافر أيونات الصوديوم.
- عدم توافر أيونات الكالسيوم.
- عدم توافر النواقل العصبية مثل الأسيتيل كولين.

**ماذا يحدث عند:**

**غياب مجموعة الفوسفات فى عضلة هيكلية ؟ مع التفسير.**

هناك احتمالان:

١- إذا كانت العضلة فى حالة انقباض: تظل فى حالة انقباض مستمر وغير قادرة على الانبساط مما يؤدى إلى شد عضلى مؤلم وقد يؤدى الشد العضلى الزائد عن الحد إلى تمزق فى العضلات ونزف دموى.

٢- إذا كانت فى حالة انبساط: تفقد العضلة قدرتها على الانقباض بصورة طبيعية؛ لأن مجموعة الفوسفات تدخل فى تكوين جزيئات ATP (المخزون المباشر للطاقة فى العضلة) اللازمة للانقباض.

**الأسئلة بنظام Open Book**

١ عدد الوصلات العصبية - العضلية فى عضلة تتكون من ٢٠ وحدة حركية كل منها بنسبة ١ : ١٥ يساوي ....

Ⓐ ٢٠  Ⓑ ٣٥  Ⓒ ٣٠٠  Ⓓ ١٥

٢ عدد المناطق شبه المضيئة H الموجودة فى لييفة عضلية بها ٢٠ قطعة عضلية أثناء الانقباض التام يساوي ...

Ⓐ ٢٠  Ⓑ ٢١  Ⓒ صفر  Ⓓ ١٩

٣ تتحكم العضلات الهيكلية في .........

Ⓐ نبض القلب  Ⓑ تدفق الدم داخل الأوعية الدموية  Ⓒ حركة العين  Ⓓ اتساع حدقة العين

٤ العضلات المسئولة عن الحركة الدودية في أمعاء الفقاريات .........

Ⓐ مخططة إرادية  Ⓑ مخططة لاإرادية  Ⓒ ملساء لاإرادية  Ⓓ لا توجد إجابة صحيحة

٥ تتحكم العضلات اللاإرادية في كل مما يلي ماعدا .........

Ⓐ ضغط الدم  Ⓑ التنفس  Ⓒ الهضم  Ⓓ نبض القلب

٦ نوع الحركة المسئولة عن دفع الدم داخل الأوعية الدموية للإنسان ..........

Ⓐ دائبة Ⓑ موضعية Ⓒ كلية Ⓓ لا توجد إجابة صحيحة

٧ تعتبر حركة الشد بالمحاليق في نبات البسلة مثالا لحركة ..........

Ⓐ دائبة Ⓑ موضعية Ⓒ كلية Ⓓ لا توجد إجابة صحيحة

٨ من صور الحركة التي تظهر في نبات المستحية ..........

Ⓐ حركة النوم واليقظة Ⓑ حركة الانثناء
Ⓒ الحركة الدورانية السيتوبلازمية Ⓓ جميع ما سبق

٩ قد يحدث الشد العضلي للعضلة التوأمية في الإنسان ..........

Ⓐ أثناء الانقباض فقط Ⓑ أثناء الانبساط فقط Ⓒ الأولي والثانية Ⓓ لا توجد إجابة صحيحة

**الإجابة:** ١- ج ٢- ج ٣- ج ٤- ج ٥- ب ٦- ب ٧- ب ٨- د ٩- ج

١٠ الأشكال المقابلة توضح دور الجهاز الهيكلى فى حماية بعض الأعضاء الحيوية فى جسم الأنسان ادرسه جيدًا ثم أجب:

| المخ | الرئتين | الحبل الشوكى |
|---|---|---|
| (أ) | (ب) | (جـ) |

١- ما اسم العلبة العظمية (أ) وما نوع المفاصل السائدة فيها ؟
٢- ما اسم العلبة العظمية (ب) وما أهميتها للجهاز التنفسي ؟
٣- ما العلاقة بين العلبة العظمية (ب) والجهاز الدوري في الإنسان ؟
٤- كم عدد عظام التركيب الهيكلي (ج) وما نوع المفاصل السائدة فيه ؟
٥- حدد نوع الحركة في كل مما يلي:

- حركة الضلوع أثناء عمليتي الشهيق والزفير.
- حركة الدم داخل الأوعية الدموية.

**:-الإجابة:-**

١- الجمجمة ، مفاصل ليفية معظمها عديمة الحركة.
٢- القفص الصدري ، تلعب الضلوع دورًا هامًا فى عملية التنفس حيث تتحرك للأمام والجانبين أثناء عملية الشهيق لتزيد من اتساع التجويف الصدري وتتحرك أثناء عملية الزفير عكس ما هى عليه أثناء عملية الشهيق لتسمح بسهولة حركة الرئتين لتسهيل عملية التنفس.
٣- يعمل القفص الصدري علي حماية القلب الذي يضخ الدم لجميع انسجة الجسم من خلال الجهاز الدورى. وتعتبر الضلوع من العظام المسطحة التي يوجد بداخلها نسيج نخاع العظام الأحمر المسئول عن إنتاج خلايا الدم الحمراء والبيضاء والصفائح الدموية المكونة للدم.
٤- ٢٦ عظمة ، مفاصل غضروفية محدودة الحركة جدًا.
٥- موضعية إرادية ، موضعية لاإرادية.

# RNA وتخليق البروتين

يوجد داخل أجسام الكائنات الحية آلاف الأنواع من البروتينات التي يمكن تقسيمها إلى نوعين رئيسين هما:

١. البروتينات التركيبية Structural Proteins.
٢. البروتينات التنظيمية Regulatory Proteins.

| وجه المقارنة | البروتينات التركيبية | البروتينات التنظيمية |
|---|---|---|
| الأهمية | تدخل فى تراكيب محددة فى الكائن الحى. | تنظم العديد من العمليات والأنشطة الحيوية فى الجسم. |
| الأمثلة | ▪ **الأكتين والميوسين:** اللذان يدخلان فى تركيب العضلات وغيرها من أعضاء الحركة.<br>▪ **الكولاجين:** الذى يدخل فى تركيب بعض الأنسجة الضامة، مثل:<br>- الأربطة كـ الأربطة الصليبية.<br>- الأوتار كـ وتر أخيل.<br>- الغشاء الذى يحيط بالغدة الدرقية.<br>▪ **الكيراتين:** الذى يُكون الأغطية الواقية مثل الجلد، الشعر، الحوافر، القرون، الريش وغيرها. | ▪ **الإنزيمات:** التي تنشط التفاعلات الكيميائية فى الكائنات الحية وتزيد من سرعتها.<br>▪ **الأجسام المضادة:** التي تكسب الجسم المناعة ضد الأجسام الغريبة.<br>▪ **الهرمونات وغير ذلك من المواد:** التى تمكن الجسم من الاستجابة للتغيرات المستمرة فى بيئته الداخلية والخارجية. |

- قارن بين العضلة التوأمية ووتر أخيل من حيث التركيب الكيميائى.
- اكتب المصطلح العلمى: بروتين تنظيمى مناعى.

## البروتينات

**مقدمة:**

يوجد خطة مشتركة لبناء آلاف الأنواع من البروتينات داخل الأنظمة الحية (أجسام الكائنات الحية).

**تركيب البروتينات:**

يدخل فى تركيب البروتينات ٢٠ نوع من الأحماض الأمينية التي لها تركيب أساسى واحد حيث ترتبط الأحماض الأمينية ببعضها البعض بروابط ببتيدية فى وجود إنزيمات خاصة فى تفاعل نازع للماء لتكوين بوليمر عديد الببتيد الذى يكون البروتين.



تكاثف الأحماض الأمينية

## أسباب اختلاف البروتينات عن بعضها البعض:

1. اختلاف أعداد وأنواع وترتيب الأحماض الأمينية فى البوليمرات (عديدات الببتيد).
2. عدد البوليمرات التي تدخل فى بناء البروتين.
3. الروابط الهيدروجينية الضعيفة التي قد تعطى الجزىء شكله المميز.

## تركيب الحمض الأمينى

تتصل ذرة الكربون الأولى فى الحمض الأمينى بـ:
- مجموعة كربوكسيل(COOH).
- مجموعة أمين ($NH_2$).
- ذرة هيدروجين (H).
- مجموعة ألكيل(R) تختلف من حمض أمينى لأخر. (توجد فى ١٩ حمض أمينى فقط)

```
    H
    |
R - C - COOH
    |
   NH2
```
تركيب الحمض الأمينى

### ملحوظات

- الحمض الأمينى (الجلايسين) هو الحمض الأمينى الوحيد الذى يحتوى على ذرة هيدروجين بدلا من مجموعة الألكيل.

```
    H
    |
H - C - COOH
    |
   NH2
```
الجلايسين

- عدد الأحماض الأمينية فى الطبيعة أكثر من ٢٠ حمضًا بينما الأحماض الأمينية التي تدخل فى تركيب البروتينات ٢٠ حمضًا أمينيًا فقط ... **فسر؟**
حيث توجد أحماض أمينية غير بروتينية مثل الكانافنين والسيفالوسبورين التي تعمل كمواد واقية للنبات حيث تشمل مركبات كيميائية سامة للكائنات الممرضة.

- البروتينات ← يرجع اختلافها عن بعضها إلى اختلاف ← الأحماض الأمينية ← يرجع اختلافها عن بعضها إلى اختلاف ← مجموعة الألكيل

**والسؤال الآن:** ما الأدوات اللازمة لتخليق بروتين معين سواء تركيبى أو تنظيمى ؟
**والإجابة :** نحتاج: ١ـ أحماض أمينية.
٢ـ أحماض نووية ريبوزية (rRNA – tRNA - mRNA).

وقد تعرفنا على الأحماض الأمينية بشىء من التفصيل والآن تعالوا معًا لنتعرف على الأحماض النووية وكيفية الحصول عليها.

**والسؤال الذى يطرح نفسه الآن:** ما الفرق بين DNA وRNA وهل يوجد شبه بينهما ؟

| DNA | RNA |
|---|---|
| **أوجه الشبه** | |
| (١) يتكون كل منهما من سلسلة طويلة غير متفرعة من وحدات بنائية من النيوكليوتيدات. | |
| (٢) تتكون كل نيوكليوتيدة من: سكر خماسى - قاعدة نيتروجينية - مجموعة فوسفات. | |
| (٣) ترتبط مجموعة الفوســفات بذرة الكربون رقم (5) فى جزىء إحدى النيوكليوتيدات وبذرة الكربون رقم (3) فى جزىء سكر النيوكليوتيدة السابقة ليتكون هيكل سكر فوسفات. | |
| **أوجه الاختلاف** | |

| DNA | RNA |
|---|---|
| **(١) نوع السكر الخماسى** | |
| سكر الديوكسى ريبوز (سكر ينقصه ذرة أكسجين عن سكر الريبوز). | سكر الريبوز. |
| **(٢) القواعد النيتروجينية** | |
| البيورينات: (أدينين A - جوانين G).<br>البيريميدينات: (ثايمين T - سيتوزين C). | البيورينات: (أدينين A - جوانين G).<br>البيريميدينات: (يوراسيل U - سيتوزين C). |
| **(٣) عدد الأشرطة** | |
| لولب مزدوج (شريطين متكاملين) من النيوكليوتيدات. | شريط مفرد من النيوكليوتيدات (الريبونيوكليوتيدات)، ولكنه قد يكون مزدوج فى بعض أجزائه كما فى tRNA. |
| **(٤) مكان وجوده** | |
| يوجد داخل النواة. | ينسخ من DNA داخل النواة ثم ينتقل إلى السيتوبلازم. |
| **(٥) الثبات** | |
| ثابت بشكل واضح فى الخلية (لا يتحلل). | يتم هدمه وإعادة بنائه باستمرار. |
| **(٦) الأنواع** | |
| نوع واحد فقط. | ثلاثة أنواع أساسية تساهم فى بناء البروتين (الرسول«mRNA»، الريبوسومى«rRNA»، الناقل«tRNA») |
| **(٧) تأثير إنزيم دى أوكسى ريبونيوكليز** | |
| يحلل DNA تحليلا كاملا. | لا يؤثر على RNA. |
| **(٨) الأهمية** | |
| يحمل المعلومات الوراثية. | تشترك أنواعه الثلاثة فى عملية تخليق البروتين. |

**فكرة**

الجدول التالى يوضح نسب القواعد النيتروجينية فى بعض الأحماض النووية، أجب عما يلى:

١- ما نسب القواعد النيتروجينية فى كل من (س، ص) ؟

٢- ما نوع وطبيعة الحمض النووى فى العينات الثلاث ولماذا ؟

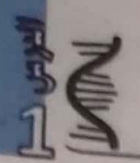
| العينة | أدينين | جوانين | ثايمين | سيتوزين | يوراسيل |
|---|---|---|---|---|---|
| ١ | ٣٥٪ | ١٥٪ | ٣٥٪ | س٪ | صفر |
| ٢ | ص | ٤٠٪ | ١٥٪ | ٤٠٪ | صفر |
| ٣ | ٣٠٪ | ٣٥٪ | صفر | ١٥٪ | ٢٠٪ |

١- س= ١٠٠ - (٣٥ + ١٥ + ٣٥) = ١٥٪ ، ص= ١٠٠ - (٤٠ + ١٥ + ٤٠) = ٥٪

٢- • العينة (١) DNA؛ بسبب وجود قاعدة الثايمين.
، كما أنها عبارة عن لولب مزدوج بسبب تساوى الأدنين مع الثايمين والجوانين مع السيتوزين.

• العينة (٢) DNA؛ بسبب وجود قاعدة الثايمين.
، كما أنها عبارة عن شريط مفرد بسبب عدم تساوى الأدنين مع الثايمين.

• العينة (٣) شريط مفرد من RNA؛ بسبب وجود قاعدة اليوراسيل بدلا من قاعدة الثايمين.



## أنواع الأحماض النووية الريبوزية (RNAs)

- أ حمض RNA الرسول mRNA.
- ب حمض RNA الريبوسومى r-RNA.
- جـ حمض RNA الناقل t-RNA.

### أ حمض RNA الرسول (mRNA)

**الوظيفة:**
نقل الشفرة الوراثية من DNA فى النواة إلى الريبوسومات فى السيتوبلازم حيث تتم ترجمته إلى أحماض أمينية تدخل فى تكوين البروتين.

**كيفية نسخ mRNA من DNA:**

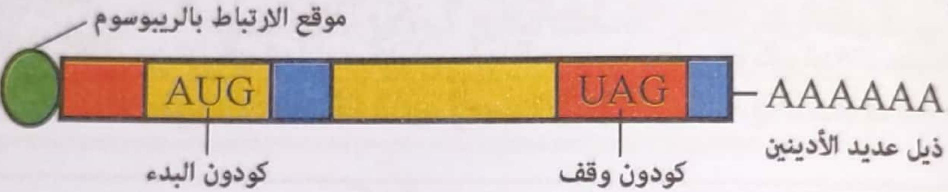
١ ينسخ mRNA من أحد شريطى DNA بارتباط إنزيم بلمرة RNA (RNA-polymerase) بتتابع النيوكليوتيدات على DNA يسمى **المحفز**.

**المحفز**
تتابع للنيوكليوتيدات على DNA يوجه إنزيم بلمرة mRNA إلى الشريط الذى سينسخ منه mRNA.

٢ ينفصل شريطا DNA عن بعضهما البعض حيث يعمل أحدهما كقالب لبناء mRNA ويكون القالب فى اتجاه (3´ ← 5´) فيقوم الإنزيم ببناء mRNA فى اتجاه (5´ ← 3´).

٣ يتحرك الإنزيم على امتداد جزىء DNA حيث يتم ربط الريبونيوكليوتيدات المتكاملة إلى شريط mRNA النامى واحدًا بعد الآخر.

**التركيب:**




يتركب جزىء mRNA من ٤ أجزاء أساسية:

| المكون | مكان الوجود | الوظيفة |
|---|---|---|
| موقع الارتباط بالريبوسوم | بداية جزىء mRNA. | تتابع من النيوكليوتيدات يرتبط بالريبوسوم حيث يصبح أول كودون (كودون البدء) AUG متجهًا لأعلى وهو الوضع الصحيح للترجمة. |
| كودون البدء AUG | بداية جزىء mRNA. | يعطى إشارة لبداية تكوين عديد الببتيد، ويمثل شفرة حمض الميثيونين . |
| كودون الوقف ويكون واحد من ثلاثة (UAA ،UAG ،UGA) | نهاية جزىء mRNA. | تعطى إشارة عند النقطة التي يجب أن تقف عندها آلية بناء البروتين حيث يرتبط بأي منهم بروتين عامل الإطلاق لينتهى بناء سلسلة عديد الببتيد. |
| ذيل عديد الأدنين (يتكون من حوالى ٢٠٠ أدينوزين) | نهاية جزىء mRNA. | حماية mRNA من التحلل بواسطة الإنزيمات الموجودة فى السيتوبلازم. |



ملحوظة

لا تتم ترجمة ذيل عديد الأدينين فى جزىء mRNA إلى بروتين ... علل؟

- لأنه لا يمثل شفرة حيث يعمل فقط على حماية mRNA من التحلل بواسطة الإنزيمات الموجودة فى السيتوبلازم.
- لأنه يسبقه كودون وقف يعمل على إيقاف عملية تخليق البروتين.

## مقارنة بين تضاعف DNA ونسخ RNA:

| تضاعف DNA | نسخ حمض RNA الرسول (mRNA) |
| --- | --- |
| - لا تقف عملية تضاعف DNA إلا بعد نسخ كل DNA الموجود فى الخلية. | - نسخ RNA الرسول يتم من خلال نسخ جزء فقط من DNA الذى يحمل الجين. |
| - يستخدم فى هذه العملية إنزيم بلمرة DNA وإنزيم اللولب وإنزيمات الربط. | - يستخدم فى هذه العملية إنزيم بلمرة RNA ولا تحتاج إنزيمات الربط. |
| - يعمل كل من شريطى DNA كقالب لبناء شريط آخر يتكامل معه. | - أحد أشرطة DNA فقط والذى يكون فى الاتجاه ($3' \rightarrow 5'$) يعمل كقالب لبناء mRNA. |
| - تتم هذه العملية قبل أن تبدأ الخلية فى الانقسام. | - تتم هذه العملية باستمرار ولا ترتبط بانقسام الخلية. |
| - المحصلة النهائية لهذه العملية ٢ جزىء DNA كاملين. | - المحصلة النهائية لهذه العملية شريط مفرد من mRNA يحمل شفرات الأحماض الأمينية. |

ملحوظة

يمكن نظريًا نسخ mRAN من أى من شريطى DNA ولكن لا يمكن تحقيق ذلك عمليًا ... فسر؟

حيث إن كل شريط DNA يتكون من نيوكليوتيدات يمكن نسخها للحصول على نيوكليوتيدات جديدة تتكامل معها ولكن ما يحدث عمليًا هو أن نسخ RNA يتم من خلال شريط واحد فقط من DNA والذى يبدأ بالمحفز وهو الشريط ($3' \rightarrow 5'$).

## مقارنة بين نسخ وترجمة mRNA فى أوليات النواة وحقيقيات النواة:

| نسخ وترجمة mRNA فى أوليات النواة | نسخ وترجمة mRNA فى حقيقيات النواة |
| --- | --- |
| - يوجد إنزيم بلمرة واحد ينسخ أنواع حمض RNA الثلاثة. | - يوجد إنزيم بلمرة RNA خاص لنسخ كل نوع من أنواع حمض RNA الثلاثة. |
| - يتم ترجمة mRNA إلى البروتين المقابل بمجرد بنائه من DNA حيث ترتبط الريبوسومات ببداية mRNA وتبدأ فى ترجمته إلى بروتين، بينما يكون الطرف الآخر لجزىء mRNA ما زال فى مرحلة البناء على DNA القالب. | - لا يتم ترجمة mRNA إلى البروتين المقابل إلا بعد الانتهاء من بناء mRNA كاملا فى النواة وانتقاله إلى السيتوبلازم من خلال ثقوب الغشاء النووى. |

ملحوظات

- عدد الجينات = عدد المحفزات؛ لأن لكل جين محفز على DNA.

## تابع الملحوظات

- إنزيمات البلمرة فى خلايا أوليات النواة:
  ١- إنزيم بلمرة DNA.
  ٢- إنزيم بلمرة RNA.
- إنزيمات البلمرة فى خلايا حقيقيات النواة:
  ١- إنزيم بلمرة DNA.
  ٢- إنزيم بلمرة m-RNA.
  ٣- إنزيم بلمرة t-RNA.
  ٤- إنزيم بلمرة r-RNA.
- اذكر أمثلة لـ: تتابعات على DNA تنسخ ولا تترجم.
  ١- التتابعات التى تنسخ إلى كودونات وقف ACT، ATT، ATC.
  ٢- التتابعات التى تنسخ إلى ذيل عديد الأدينين.
- اذكر أمثلة لـ: تتابعات على DNA لا تنسخ ولا تترجم.
  جـ/ المحفز
- أول ثلاثيات الشفرة على DNA والتى تلى المحفز مباشرة= TAC؛ لأنه يترجم إلى كودون البدء AUG.

## ب حمض RNA الريبوسومى (rRNA)

P A
تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة
تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة

**الوظيفة:**

يدخل حوالى ٤ أنواع مختلفة من r-RNA مع حوالى ٧٠ نوع من عديد الببتيد فى بناء الريبوسومات والتي تعتبر عضيات تخليق البروتين داخل الخلية.

**الريبوسومات**

- تركيبها الكيميائى: يدخل فى تركيبها حوالى ٤ أنواع من rRNA و ٧٠ نوع من عديد الببتيد.
- مكان تكوينها: تتكون فى النوية (منطقة داخل النواة) فى خلايا حقيقيات النواة.
- مكان عملها: تعمل فى السيتوبلازم.
- تركيبها الوظيفى: تتركب من تحت وحدتين:
  (١) تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة، وهى تحتوى على موقعين هما:
  موقع الببتيديل (P).
  موقع الأمينو أسيل (A).
  (٢) تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة
  ، ويطلق عليهما عند ارتباطهما معًا **الريبوسوم الوظيفى.**
- معدل بنائها:

يتم بناء الآف من الريبوسومات فى الساعة فى خلايا حقيقيات النواة ... **علل؟**

١- احتواء DNA فى حقيقيات النواة على أكثر من ٦٠٠ ألف نسخة من جينات RNA الريبوسومى والذى يشترك ٤ أنواع منه فى بناء الريبوسومات التي تحتاج إليها الخلايا بكثرة.

٢- وجود حوالى ٧٠ نوعًا من عديدات الببتيد تتكون فى السيتوبلازم ثم تنتقل عبر ثقوب الغشاء النووى إلى داخل النواة لتدخل فى بناء الريبوسومات داخل النوية بمعدل سريع.

### ملحوظات

- أثناء عملية بناء البروتين يحدث تداخل بين mRNA، rRNA.
- قد تتبادل الريبوسومات تحت وحدتيها عند بدء عملية بناء البروتين بعد توقفها ... فسر؟
حيث أنه عندما لا يكون الريبوسوم قائمًا بعمله فى إنتاج البروتين فإن تحت الوحدتين تنفصلان عن بعضهما البعض وتتحرك كل منهما بحرية، وقد ترتبط كل تحت وحدة منهما بتحت وحدة أخرى من النوع المقابل عندما تبدأ عملية بناء البروتين مرة أخرى.

### أعط تفسيرًا علميًا لما يأتي:

- يساهم كل من الريبوسومات والبروتين فى تكوين بعضهما البعض.
(أو) الريبوسومات تبني نفسها.
حيث إن الريبوسومات تقوم ببناء البروتين الذى يتكون من سلاسل من عديدات الببتيد ويدخل حوالى ٧٠ نوع من عديدات الببتيد فى بناء الريبوسومات الجديدة بالاشتراك مع ٤ أنواع من r-RNA.

## جـ حمض RNA الناقل (tRNA)

**الوظيفة:**
نقل الأحماض الأمينية من السيتوبلازم إلى الريبوسومات أثناء تكوين البروتين حيث يكون لكل حمض أمينى نوع خاص من tRNA يتعرف عليه ثم يقوم بنقله إلا أن الأحماض الأمينية التي لها أكثر من شفرة يكون لها أكثر من نوع من t-RNA.

**عدد الأنواع:** أكثر من عشرين نوعًا.

**نسخ tRNA من DNA:**
ينسخ tRNA من جينات tRNA الموجودة على شكل تجمعات من (٧ - ٨) جينات على نفس الجزء من جزىء DNA بواسطة إنزيم بلمرة RNA.

**الشكل العام:**
- لكل جزيئات tRNA نفس الشكل العام حيث تلتف أجزاء من الجزئ لتكون حلقات تحتفظ بشكلها بازدواج القواعد فى مناطق مختلفة من الجزىء.

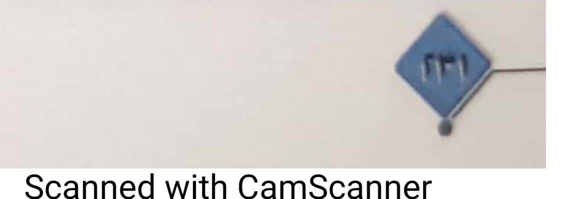
موقع ارتباط الحمض الأمينى

مضاد الكودون

الشكل العام لجزىء RNA الناقل

**التركيب:**
- **يوجد موقعان على جزىء tRNA لهما دور فى بناء البروتين:**
- **الأول:** موقع اتحاد الجزىء بالحمض الأمينى الخاص به، ويتكون من ثلاث قواعد CCA عند الطرف (3̀) من الجزىء.
- **الثانى:** موقع مقابل (مضاد) الكودون الذى تتزاوج قواعده مع كودونات mRNA المناسبة عند مركب mRNA والريبوسوم حيث يحدث ارتباط مؤقت بين tRNA وmRNA مما يسمح للحمض الأمينى المحمول على tRNA أن يدخل فى المكان المحدد له فى سلسلة عديد الببتيد.



النواة ← يتنقل mRNA، tRNA، الريبوسومات عبر ثقوب الغشاء النووى إلى ← السيتوبلازم

السيتوبلازم ← يتنقل ٧٠ نوع من عديدات الببتيد وإنزيم بلمرة RNA عبر ثقوب الغشاء النووى إلى ← النواة

## أسئلة متنوعة:

١. اكتب المصطلح العلمى:
أحد أنواع RNA لا ينتقل عبر ثقوب الغشاء النووى للخلية. (حمض RNA الريبوسومى r-RNA)

٢. فسر: حلقات جزىء tRNA محتفظة بشكلها.
حيث تلتف أجزاء من الجزىء تحتفظ بشكلها نتيجة ازدواج القواعد فى مناطق مختلفة من الجزىء.

٣. ما مدى صحة العبارة: يمكن نقل tRNA من فيروس إلى خلية بشرية دون خلل وظيفى.
العبارة صحيحة؛ لأن جميع جزيئات tRNA لها نفس الشكل العام والوظيفة فى جميع الكائنات الحية، كما أن كل نوع من tRNA يتخصص فى نقل نفس الحمض الأمينى فى جميع الكائنات الحية فلا يحدث خلل وظيفى.

## الشفرة الوراثية The Genetic Code

**الشفرة الوراثية**

تتابع النيوكليوتيدات فى ثلاثيات على mRNA والتي تم نسخها من أحد شريطى DNA.

ينتقل mRNA إلى الريبوسوم حيث يُترجم إلى تتابع للأحماض الأمينية فى سلسلة عديد الببتيد الذى يُكون بروتينًا معينًا.

**والسؤال الآن:** ما عدد النيوكليوتيدات التي تكون شفرة الحمض الأمينى ؟

∵ عدد النيوكليوتيدات التي تدخل فى بناء RNA أربعة أنواع (C-G-U-A).

، ∵ عدد الأحماض الأمينية التي تدخل فى تركيب البروتين ٢٠ نوع.

∴ يجب أن يكون عدد الشفرات على الأقل ٢٠ شفرة مختلفة.

### احتمالات الشفرة الوراثية

**أحادية**

مرفوض (x) ... علل ؟

لأنه إذا كانت الشفرة الوراثية أحادية فإن كل نيوكليوتيدة تمثل شفرة حمض أمينى ..

، فتكون عدد الشفرات = ٤

وبالتالى يتكون ٤ أحماض أمينية فقط

وهذا لا يتناسب مع عدد الأحماض الأمينية العشرين.

**ثنائية**

مرفوض (x) ... علل ؟

لأنه إذا كانت الشفرة الوراثية ثنائية فإن كل نيوكليوتيدتين تمثل شفرة حمض أمينى ..

، فيكون عدد الشفرات = $٤^{٢}$ = ١٦

وبالتالى يتكون ١٦ حمض أمينى فقط

وهذا لا يتناسب مع عدد الأحماض الأمينية العشرين.

**ثلاثية**

مقبول (✓) ... علل ؟

لأنه إذا كانت الشفرة الوراثية ثلاثية فإن كل ٣ نيوكليوتيدات تمثل شفرة حمض أمينى ..

، فيكون عدد الشفرات = $٤^{٣}$ = ٦٤

وبالتالى يصبح لكل حمض أمينى أكثر من شفرة ماعدا الميثيومين

وهذا يتناسب مع عددها فهو أكثر من الحاجة.

**وعلى ذلك** فأصغر حجم نظرى لكلمة شفرة DNA هو ثلاث نيوكليوتيدات.

وقد توفرت أدلة كافية تؤيد الشفرة الثلاثية عام ١٩٦٠م، وفى عام ١٩٦٥م استطاع العلماء الوصول إلى الشفرات الخاصة بكل حمض أمينى وأطلق عليها اسم «كودونات».

**الكودون**

شفرة وراثية تتكون من ثلاث نيوكليوتيدات على شريط mRNA.

- الشفرة الوراثية عالمية أو عامة ... **فسر؟**

(أو) الشفرة الوراثية دليل على حدوث التطور ... **فسر؟**

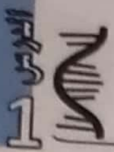
لأن نفس الكودونات تمثل شفرات لنفس الأحماض الأمينية فى جميع أنواع الكائنات الحية (فيروسات - فطريات - بكتيريا - نباتات - حيوانات) وهذا دليل قوى على أن جميع الكائنات الحية الموجودة على سطح الأرض قد نشأت عن أسلاف مشتركة، وعلى ذلك يظهر أن الشفرة قد تكونت بعد فترة قصيرة من بدء الحياة واستمرت بدون تغير تقريبًا لملايين السنين.

**القواعد النيتروجينية التي تدخل فى تركيب الأحماض النووية الريبوزية تشبه إلى حد ما الحروف الأبجدية:**

الحروف الأبجدية ← (تترتب بطرق مختلفة لتعطى) ← كلمات ← (تترتب بتتابع معين لتنتج) ← جمل مفيدة ← (تترجم إلى تتابع من) ← رسائل خاصة لها مدلول معين

**وبالمثل:**

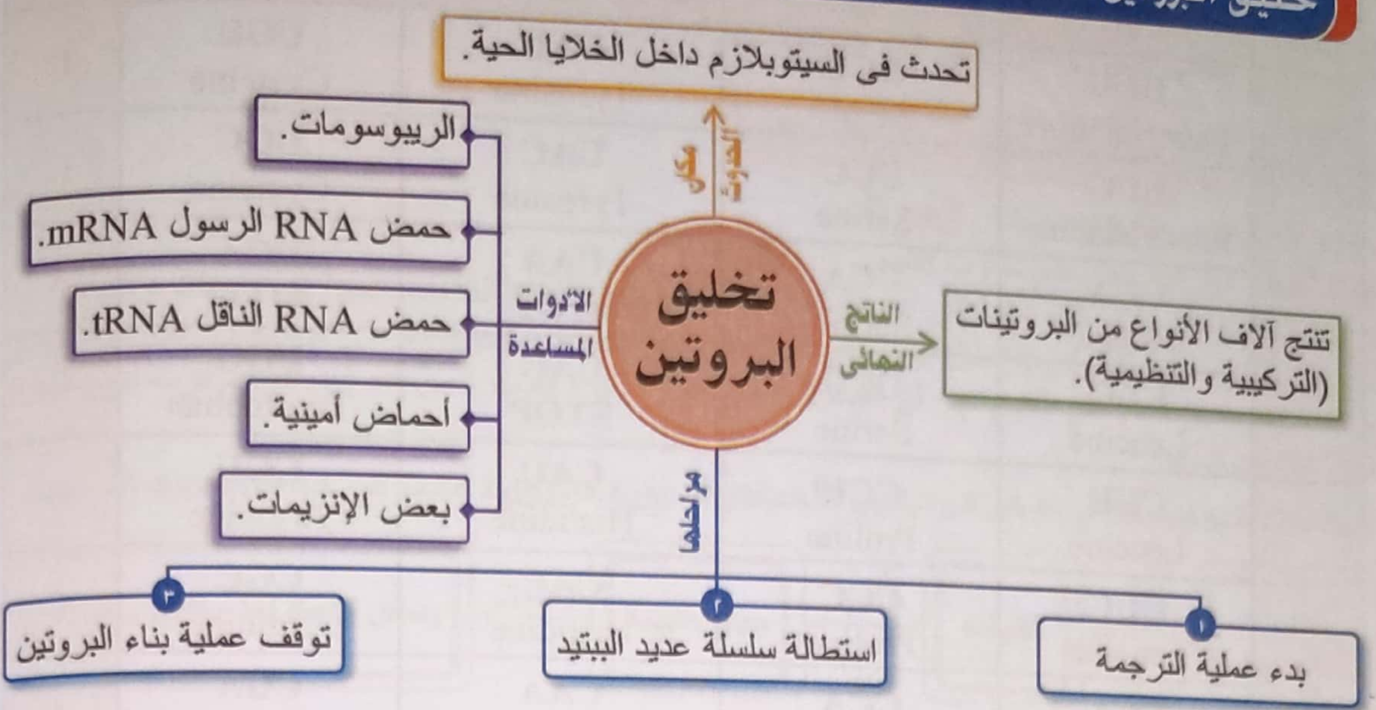
القواعد النيتروجينية ← (تترتب بطرق مختلفة لتعطى) ← كودونات ← (تترتب بتتابع معين لتنتج) ← شفرة وراثية ← (تترجم إلى تتابع من) ← أحماض أمينية تكون سلسلة عديد الببتيد الذى يكون البروتين



| القاعدة الأولى | القاعدة الثانية | | | | القاعدة الثالثة |
|---|---|---|---|---|---|
| | U | G | A | G | |
| U | UUU Phenylalanine | UCU Serine | UAU Tyrosine | UGU Cysteine | U |
| | UUC Phenylalanine | UCC Serine | UAC Tyrosine | UGC Cysteine | C |
| | UUA Leucine | UCA Serine | UAA STOP | UGA STOP | A |
| | UUG Leucine | UCG Serine | UAG STOP | UGG Tryptophan | G |
| C | CUU Leucine | CCU Proline | CAU Histidine | CGU Arginine | U |
| | CUC Leucine | CCC Proline | CAC Histidine | CGC Arginine | C |
| | CUA Leucine | CCA Proline | CAA Glutamine | CGA Arginine | A |
| | CUG Leucine | CCG Proline | CAG Glutamine | CGG Arginine | G |
| A | AUU Isoleucine | ACU Threonine | AAU Asparagine | AGU Serine | U |
| | AUC Isoleucine | ACC Threonine | AAC Asparagine | AGC Serine | C |
| | AUA Isoleucine | ACA Threonine | AAA Lysine | AGA Arginine | A |
| | AUG (START) Methionine | ACG Threonine | AAG Lysine | AGG Arginine | G |
| G | GUU Valine | GCU Alanine | GAU Asparagine | GGU Glycine | U |
| | GUC Valine | GCC Alanine | GAC Asparagine | GGC Glycine | C |
| | GUA Valine | GCA Alanine | GAA Glutamic acid | GGA Glycine | A |
| | GUG Valine | GCG Alanine | GAG Glutamic acid | GGG Glycine | G |

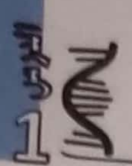


## تخليق البروتين Protein synthesis




- عملية تخليق البروتين عملية معقدة تتضمن تداخل الأنواع المختلفة من جزيئات RNA كما يتضح من الرسم التالى:

خطوات تخليق البروتين.



- يتم تخليق البروتين على ثلاث مراحل رئيسية كالتالى:

| المرحلة | المواد المساعدة | الخطوات |
|---|---|---|
| بدء عملية الترجمة | ⊙ الريبوسوم الوظيفى.<br>⊙ جزئ mRNA.<br>⊙ جزئ tRNA به مضاد كودون UAC.<br>⊙ حمض الميثونين. | ١ ترتبط تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة بجزىء mRNA من جهة الطرف (5′) بحيث يكون أول كودون به AUG متجهًا إلى أعلى.<br>٢ تتزاوج قواعد مضاد الكودون لجزىء tRNA الخاص بالميثيونين مع كودون AUG وبذلك يصبح الميثيونين أول حمض أمينى فى سلسلة عديد الببتيد التي ستبنى.<br>٣ ترتبط تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة بالمركب السابق (تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة + tRNA + mRNA) وعندئذ تبدأ تفاعلات بناء البروتين. |
| استطالة سلسلة عديد الببتيد | ⊙ الريبوسوم الوظيفى.<br>⊙ جزئ mRNA.<br>⊙ جزيئات tRNA لكل منها مضاد كودون معين حسب الكودونات الموجودة على mRNA.<br>⊙ إنزيمات منشطة للتفاعل. | تبدأ سلسلة عديد الببتيد فى الاستطالة فى دورة تتكون من ثلاث خطوات:<br>١ يرتبط مضاد كودون tRNA آخر بالكودون التالى على جزىء mRNA فى موقع الأمينو أسيل (A) حاملا الحمض الأمينى الثانى فى سلسلة عديد الببتيد.<br>٢ - يحدث تفاعل نقل الببتيديل الذى ينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية بين الحمض الأمينى الأول والثانى بمساعدة إنزيم منشط للتفاعل عبارة عن جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة.<br>٣ - يصبح tRNA الأول فارغًا ويترك الريبوسوم وقد يلتقط ميثيونيًا آخر، أما tRNAالآخر يحمل الحمضين الأمينيين معًا.<br>- يتحرك الريبوسوم على امتداد mRNA بحيث يصبح موقع الأمينو أسيل (A) خالى ويصبح الحمض الأمينى الثانى أمام موقع الببتيديل (P) على الريبوسوم.<br>- تبدأ الدورة مرة أخرى حيث يرتبط مضاد كودون tRNA مناسب بكودون mRNA جالبًا الحمض الأمينى الثالث إلى الموضع المناسب على الموقع (A).<br>- ترتبط سلسلة عديد الببتيد النامية بالحمض الأمينى الجديد القادم على جزىء tRNA الثالث ثم يتكرر التتابع. |
| توقف عملية بناء البروتين | ⊙ أحد كودونات الوقف الثلاثة: (UAA ،UAG ،UGA)<br>⊙ بروتين عامل الإطلاق. | تقف عملية بناء البروتين عندما يصل الريبوسوم إلى كودون وقف على mRNA حيث يرتبط عامل الإطلاق بكودون الوقف مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA وتنفصل تحت وحدتا الريبوسوم عن بعضهما البعض، وتتحرر سلسلة عديد الببتيد النامية. |

**وبمرور** الريبوسوم الواحد على جزىء mRNA تنتج سلسلة عديد ببتيد واحدة تتكون من تتابع من الأحماض الأمينية، ولكن من المعروف أن البروتين الواحد يتكون من أكثر من سلسلة من عديدات الببتيد بالإضافة إلى حاجة بعض الخلايا إلى كمية كبيرة من البروتين نفسه لذا يتطلب ذلك تكرار هذه العملية مرة أخرى.

**بمجرد** أن يبرز (5′) لجزىء mRNA من الريبوسوم يرتبط به تحت وحدة ريبوسوم صغيرة أخرى لتبدأ دورة أخرى فى بناء البروتين وهكذا.



عادة ما يتصل بجزىء mRNA الواحد عدد من الريبوسومات قد يصل إلى مائة ريبوسوم حيث يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA ويسمى فى هذه الحالة **«عديد الريبوسوم»**.

**تفاعل نقل الببتيديل**

تفاعل كيميائى يحدث فى الريبوسومات وينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية بين حمض أمينى والحمض الذى يليه بمساعدة إنزيم منشط للتفاعل عبارة عن جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة.

**عامل الإطلاق**

بروتين يرتبط بكودون الوقف على جزئ mRNA مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA وتنفصل تحت وحدتى الريبوسوم عن بعضهما البعض وتتحرر سلسلة عديد الببتيد المتكونة.

**عديد الريبوسوم**

اتصال جزىء mRNA واحد بعدد من الريبوسومات قد يصل إلى المائة ريبوسوم يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA.

**ملحوظات**

- يوجد على الريبوسوم موقع الببتيديل (p) وموقع أمينو أسيل (A) يمكن أن ترتبط بهما جزيئات tRNA:

| موقع الببتيديل (p) | موقع أمينو أسيل (A) |
|---|---|
| موقع يرتبط بـه جزىء tRNA، ويوجد عنده أول كودون على mRNA (AUG) عند بدء عملية تخليق البروتين ويمثل شفرة الحمض الأمينى الميثيونين (أول حمض أمينى فى سلسلة عديد الببتيد) كما يحدث عنده تفاعل نقل الببتيديل حيث ترتبط الأحماض الأمينية المتجاورة بروابط ببتيدية. | موقع ترتبط فيه مضادات كودونات tRNA الحاملة للأحماض الأمينية بكودونات جزىء mRNA (عدا مضاد كودون الحمض الأمينى الأول ـ الميثيونين -) لإدخال الأحماض الأمينية إلى سلسلة عديد الببتيد. |

- الميثيونين هو أول حمض أمينى فى سلسلة عديد الببتيد؛ لأن أول كودون على mRNA هو AUG ويمثل شفرة الحمض الأمينى الميثيونين وهو يوجد عند موقع الببتيديل (p).
- الفرق بين عديد الببتيد وعديد الريبوسوم:

| عديد الببتيد | عديد الريبوسوم |
|---|---|
| عبارة عن مجموعة من الأحماض الأمينية مرتبطة مع بعضها بروابط ببتيدية فى تفاعل نازع للماء فى وجود إنزيمات خاصة وتدخل فى تكوين البروتينات المختلفة. | اتصال جزىء mRNA واحد بعدد من الريبوسومات قد يصل إلى المائة ريبوسوم يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA ويتكون أثناء عملية تخليق البروتين. |

**ما مدى صحة العبارة:**

يزداد معدل تكوين مركب عديد الريبوسوم فى خلايا العظام مقارنة بخلايا المعدة ؟

العبارة غير صحيحة؛ لأن معدل تكوين مركب عديد الريبوسوم يكون فى خلايا المعدة أكبر؛ حيث تفرز المعدة إنزيمات هاضمة (بروتينات تنظيمية) بصورة مستمرة لهضم الطعام وبالتالي تحتاج إلى ترجمة هذه الشفرات العديد من المرات، بينما العظام ليس لها نشاط إفرازى يحتاج إلى ترجمة هذه الشفرات العديد من المرات.



## ماذا يحدث عند:

١ عدم ارتباط تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة بالصغيرة عند تخليق البروتين ؟
تتوقف عملية تصنيع البروتينات داخل الخلية؛ لعدم حدوث تفاعلات بناء البروتين.

٢ غياب الريبوسومات من خلايا بيتا بالبنكرياس ؟
تتوقف خلايا بيتا عن إفراز هرمون الأنسولين (بروتين تنظيمى) مما يؤدى إلى حدوث خلل فى أيض كل من الجلوكوز والدهون بالجسم والإصابة بمرض البول السكرى ويظهر على المريض أعراضه من ارتفاع نسبة سكر الجلوكوز فى الدم عن المعدل الطبيعى (يظهر ذلك فى تحاليل الدم) وتعدد التبول والعطش؛ نتيجة وجود سكر الجلوكوز فى البول (يظهر ذلك فى تحليل البول) الذى يصاحبه إخراج كميات كبيرة من الماء، وإصابة مرضى السكر أحيانًا بغيبوبة السكر.

٣ اختفاء النواة من الخلايا الليمفاوية البائية مع وجود أجسام غريبة تهاجم الجسم ؟
لا تستطيع الخلايا الليمفاوية البائية إنتاج الأجسام المضادة لمهاجمة هذه الأجسام الغريبة مما يؤدى إلى انتشارها داخل الخلايا ويصبح الجسم عرضة للإصابة بالأمراض وتقل قدرة الجسم المناعية؛ لأن غياب النواة يؤدى إلى عدم وجود DNA وبالتالي عدم تخليق الأحماض النووية الريبوزية الثلاثة فتتوقف عملية تخليق بروتين الجلوبيولين الذى يدخل فى تركيب الأجسام المضادة.

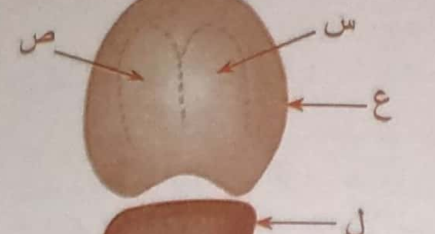
## أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتى:

١ تلعب الجينات الموجودة على DNA دورًا مباشرًا وغير مباشر فى تخليق البروتين.
- بعض جينات DNA تنسخ إلى mRNA يحمل شفرات يتم ترجمتها إلى تتابع من الأحماض الأمينية والتى تكون البروتين (دور مباشر).
- بعض جينات DNA تنسخ إلى rRNA يدخل ٤ أنواع منه فى بناء الريبوسومات والتى تعتبر عضيات تخليق البروتين داخل الخلية (دور غير مباشر).
- بعض جينات DNA تنسخ إلى tRNA المسئول عن نقل الأحماض الأمينية من السيتوبلازم إلى الريبوسومات لتخليق البروتين (دور غير مباشر).

٢ لا تستطيع الريبوسومات وحدها أن تسد حاجة الجسم من الهرمونات.
لأن الريبوسومات مسئولة عن تخليق الأنواع المختلفة من البروتينات داخل الخلايا وليست كل الهرمونات الموجودة فى الجسم بروتينية حيث توجد بعض الهرمونات التى تتكون من مواد دهنية والمعروفة بالإستيرويدات مثل هرمونات قشرة الغدة الكظرية (السكرية - المعدنية - الجنسية) بالإضافة إلى هرمونات المناسل فلا تستطيع الريبوسومات تخليق مثل هذه الهرمونات.

٣ قد يحدث إحلال نيوكليوتيدة محل نيوكليوتيدة أخرى على DNA ومع ذلك يظل البروتين الناتج كما هو.
(أو) قد تحدث طفرة جينية نتيجة تغير فى التركيب الكيميائى ولا ينشأ عنها بروتين مختلف.
- لأنه عند استبدال النيوكليوتيدة بأخرى على DNA قد تكون شفرة وراثية جديدة لنفس الحمض الأمينى وذلك لأن بعض الأحماض الأمينية يكون لها أكثر من شفرة (ما عدا الميثونين) وعند نسخها تترجم إلى نفس الحمض الأمينى فيظل تركيب البروتين كما هو.
- قد يحدث ذلك نتيجة استبدال النيوكليوتيدة بأخرى لإحدى التتابعات التى ينشأ عن نسخها كودون وقف بحيث يعطى شفرة أخرى تصلح أن تكون كودون وقف لأن ثلاثية شفرته على DNA قد تكون (ACT-ATT-ATC) وبالتالي لا يؤثر على البروتين الناتج.

## أسئلة متنوعة:




١ في الشكل المقابل: أجب عن الأسئلة التالية:
١- اكتب البيانات الموجودة على الرسم.
٢- ما الجزء المسئول عن ترجمة شفرة mRNA ع أم ل ولماذا ؟
٣- ما الجزء المسئول عن تكوين الرابطة الببتيدية ع أم ل ولماذا ؟
٤- ما الجزء المسئول عن ارتباط بروتين عامل الإطلاق بكودون الوقف س أم ص ولماذا ؟
٥- متى يرتبط ع مع ل ؟ ومتى ينفصلان ؟

**-:الإجابة:-**

١- س= موقع الأمينو أسيل A ، ص= موقع الببتيديل P ، ع= تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة ، ل= تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة.
٢- ع؛ لأنه يحتوى على موقع الببتيديل وموقع الأمينو أسيل المسئولان عن الترجمة.
٣- ع؛ لأن الإنزيم المنشط لتفاعل الببتيديل جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة.
٤- س؛ لأن موقع الأمينوأسيل يكون فارغًا عندما يصل الريبوسوم إلى كودون الوقف.
٥-
- يرتبطان معًا عندما تبدأ تفاعلات بناء البروتين بعد تزاوج مضـاد الكودون على tRNA الذى يحمل حمض الميثيونين بكودون البدء AUG على mRNA.
- ينفصـلان عن بعضـهما عندما لا يكون الريبوسـوم قائمًا بعمله فى تخليق البروتين بعد وصـوله إلى كودون الوقف الذى يرتبط به بروتين عامل الإطلاق مما يجعل الريبوســوم يترك mRNA وتنفصـل تحت وحدتى الريبوسوم عن بعضهما.

٢ فى ضـوء دراسـتك للبيولوجيا الجزيئية: ما الأسـباب التي قد تؤدى إلى تناقص إفراز (إنزيم الهيالويورنيز أو هرمون الأنسولين أو بروتين الكولاجين أو الأجسام المضادة) ؟
١- تناقص عدد الريبوسومات المسئولة عن تخليق هذه البروتينات.
٢- تناقص إنزيمات بلمرة RNA الخاصة بجينات هذه البروتينات.
٣- تناقص الأحماض الأمينية التي تكون هذه البروتينات.

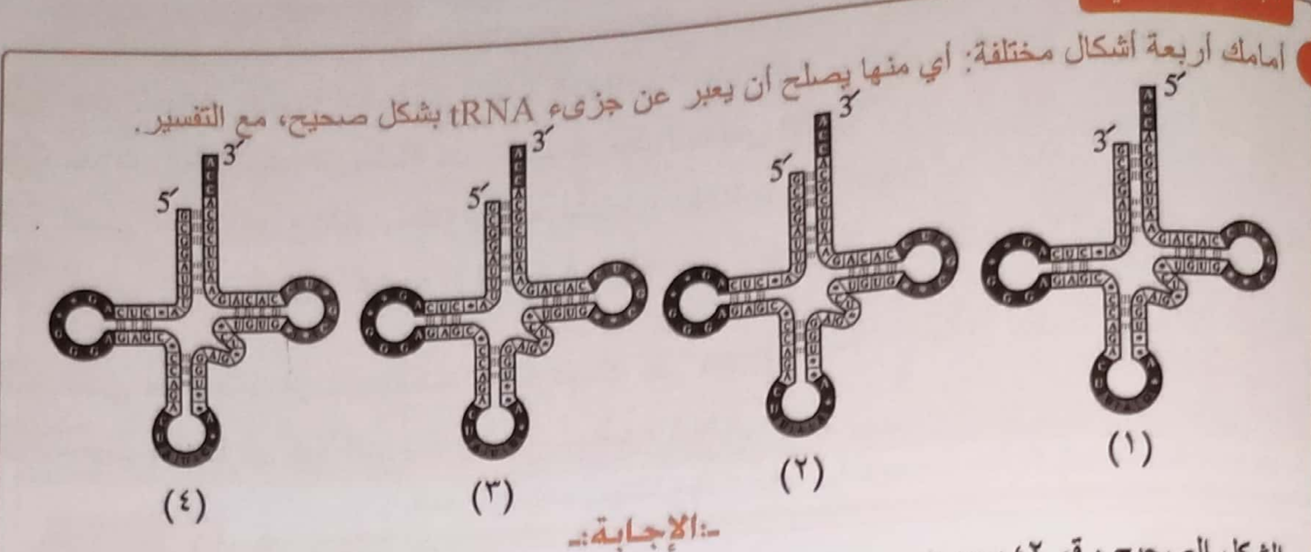
٣ كيف يساهم mRNA فى بناء tRNA ؟
(أو) كيف تحصل على tRNA من mRNA ؟
- يتم ترجمة شريط mRNA الذى يحمل شفرة إنزيم بلمرة tRNA (بروتين تنظيمى) إلى تتابع الأحماض الأمينية فى سلسلة عديد الببتيد النامية التي تكون إنزيم بلمرة tRNA.
- يتم نسخ tRNA من جينات tRNA الموجودة على شكل تجمعات من (٧ : ٨) جينات على نفس الجزء من جزىء DNA بواسطة إنزيم بلمرة tRNA.

## فروق لغوية

١ الجزىء المسئول عن حمل لغتى الأحماض الأمينية والنيوكليوتيدات: mRNA.
٢ الجزىء المسئول عن قراءة لغتى الأحماض الأمينية والنيوكليوتيدات: tRNA.

## أجب عما يأتي:

أمامك أربعة أشكال مختلفة: أي منها يصلح أن يعبر عن جزىء tRNA بشكل صحيح، مع التفسير.




**:-الإجابة:-**

الشكل الصحيح رقم ٢؛ بسبب:

- وجود موقع ارتباط الحمض الأمينى عند الطرف (3′) من الجزىء بعكس الشكل ١.
- وجود موقع مضاد كودون صحيح بعكس الشكلين ٣ ، ٤ حيث يمثل كل منهما مضاد كودون الوقف ولا يوجد لكودون الوقف مضاد كودونات.

## إرشادات حل المسائل:

١ فى شريط mRNA توجد القاعدة النيتروجينية اليوراسيل (U) بدلا من القاعدة النيتروجينية الثايمين (T) الموجودة فى DNA.

٢ عند نسخ حمض mRNA من شريط DNA لا بد أن يكون شريط DNA القالب فى اتجاه (´3 ⟵ ´5) بحيث يكون شريط mRNA الناتج فى اتجاه (´5 ⟵ ´3).

٣ الكودون يتكون من ٣ نيوكليوتيدات على شريط mRNA وبالتالي يكون:

$$\text{عدد الكودونات} = \frac{\text{مجموع نيوكليوتيدات mRNA}}{3}$$

$$= \frac{\text{مجموع نيوكليوتيدات شريط DNA المفرد}}{3}$$

$$= \frac{\text{مجموع نيوكليوتيدات جزىء DNA المزدوج}}{6}$$

٤

| ثلاثية الشفرة على DNA | الكودون على mRNA | مضادات الكودون على tRNA |
|---|---|---|
| TAC | AUG (كودون بدء) | UAC |
| TCG | AGC | UCG |
| ACT | UGA (كودون وقف) | لا يوجد مضاد كودون لكودون الوقف. |
| GAT | CUA | GAU |
| ATC | UAG (كودون وقف) | لا يوجد مضاد كودون لكودون الوقف. |
| CAT | GUA | CAU |
| GTA | CAU | GUA |
| ATT | UAA (كودون وقف) | لا يوجد مضاد كودون لكودون الوقف. |

**تابع إرشادات حل المسائل:**

٥ عدد الأحماض الأمينية الناتجة من ترجمة mRNA = عدد الكودونات على mRNA - ١ (كودون وقف).

٦ عدد الروابط الببتيدية فى سلسلة عديد الببتيد = عدد الأحماض الأمينية - ١.

٧ أقصى عدد من أنواع (الكودونات) أو الشفرات على mRNA = $٤^٣$ = ٦٤.

٨ أقصى عدد من أنواع (الكودونات) أو شفرات الأحماض الأمينية على mRNA = ٦٤ - ٣ (كودونات وقف) = ٦١.

٩ أقصى عدد محتمل من أنواع مضادات الكودونات على tRNA = ٦١.

٨ لتحويل DNA إلى mRNA نحتاج إلى إنزيم بلمرة RNA.

**مثال (١)**

لديك جين يحمل التتابعات التالية على أحد أشرطته

3´..... T-A-C-T-C-C-T-T-T-T-A-C-T-C-C-A-T-T ..... 5´

١ـ اكتب تتابع القواعد النيتروجينية على جزىء mRNA المنسوخ من الشريط السابق.
٢ـ كم عدد الأحماض الأمينية الناتجة من ترجمة جزىء mRNA.
٣ـ كم عدد أنواع الأحماض الأمينية الناتجة من ترجمة جزىء mRNA ؟
٤ـ كم عدد أنواع tRNA المستخدمة فى ترجمة mRNA ؟ ولماذا ؟
٥ـ اكتب مضادات الكودونات على tRNA.
٦ـ كم عدد الروابط الببتيدية فى سلسلة عديد الببتيد الناتجة ؟
٧ـ كم عدد اللفات الكاملة للجين ؟ مع تفسير إجابتك.

**:الحل:-**

١ـ 5´..... A-U-G-A-G-G-A-A-A-A-U-G-A-G-G-U-A-A ..... 3´
٢ـ ٥ أحماض أمينية.
٣ـ ٣ أنواع فقط.
٤ـ ٣ أنواع فقط؛ لأن لكل حمض أمينى نوع خاص من tRNA يتعرف عليه ثم يقوم بنقله ويرجع ذلك إلى وجود تكرار فى الشفرتين AUG، AGG مرتين من نفس التتابع ولكل منهما نفس الشفرة لنفس الحمض الأمينى فيكون لكل منهما نوع واحد فقط من tRNA وليس نوعين.
٥ـ UAC - UCC - UUU - UAC - UCC
٦ـ عد الروابط الببتيدية = عدد الأحماض الأمينية - ١ = ٥ - ١ = ٤ روابط.
٧ـ عدد اللفات الكلى = $\frac{\text{عدد النيوكليوتيدات على شريط DNA}}{١٠} = \frac{١٨}{١٠} = ١,٨$ لفة.
عدد اللفات الكاملة = ١ لفة فقط.

مثال (٢)

لديك قطعة من جزىء DNA تحمل التتابعات التالية على أحد أشرطتها:

3´..... TAC GGA ACT CGT TAC ATT ..... 5´

١- اكتب تتابع النيوكليوتيدات فى قطعة mRNA المنسوخة من هذه القطعة.

٢- احسب عدد الأحماض الأمينية الناتجة من عملية الترجمة، مع التفسير.

**:-الحل:-**

١- 3´ ..... AUG CCU UGA GCA AUG UAA ..... 5´

٢- عدد الأحماض الأمينية الناتجة من عملية الترجمة= ٢ فقط؛ بسبب وجود كودون وقف فى منتصف التتابع تنتهى عنده آلية تخليق البروتين بعد ترجمة شـــفرتين فقط وهو الكودون UGA حيث يرتبط به بروتين عامل الإطلاق مما يجعل الريبوسوم ينفصل عن mRNA وتتحرر سلسلة عديد الببتيد المتكونة وذلك قبل وصول الريبوسوم إلى كودون الوقف الموجود فى نهاية التتابع فتنتهى عملية الترجمة.

مثال (٣)

إذا علمت أن كودون حمض الجلايسـين GGA وكودون حمض الأرجنين AGG وكودون حمض الجلوتاميك GAG، اكتب ترتيب القواعد النيتروجينية فى اللولب المزدوج الذى يعطى الأحماض الثلاثة بنفس الترتيب، مضيفًا إليهم كودون بدء وكودون وقف.

**:-الحل:-**

نبنى شريط mRNA أولًا كالتالى: (كودون بدء: AUG – كودون وقف: UAG)

5´..... AUG GGA AGG GAG UAG ..... 3´

- شريط DNA: 3´..... TAC CCT TCC CTC ATC ..... 5´

- الشريط المكمل: 5´..... ATG GGA AGG GAG TAG ..... 3´

مثال (٤)

تعرف أحد الباحثين على التتابع AAC فى شريط طويل لجزىء mRNA فإذا كان التتابع AAC فى الشفرة الوراثية هو كودون الحض الأمينى الأسباراجين فهل من الضرورى أن الأسباراجين سوف يظهر فى البروتين الناتج عن ترجمة هذا الشريط ؟ فسر إجابتك.

لا ليس ضروريًا أن يظهر الأسباراجين فى البروتين الناتج.

التفسير: لأن هذا التتابع قد يتوزع بين كودنين متجاورين وكل منهما يمثل شفرة حمض أميني مختلف.



**مثال (٥)**

إذا علمت أنه ينتج عن ترجمة شريط mRNA سلسلة عديد ببتيد بها ١٥٠ حمض أمينى، احسب:

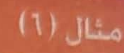
١- عدد النيوكليوتيدات الموجودة على mRNA.

٢- عدد النيوكليوتيدات الموجودة على قطعة DNA المنسوخ منها هذا الشريط.

**:الحل:-**

١- عدد النيوكليوتيدات علي mRNA = (عدد الأحماض الأمينية X ٣) + ٣ (كودون وقف)
= (١٥٠ X ٣) + ٣ = ٤٥٣ نيوكليوتيدة.

٢- عدد النيوكليوتيدات الموجودة على قطعة DNA = عدد النيوكليوتيدات على mRNA X ٢ = ٤٥٣ X ٢
= ٩٠٦ نيوكليوتيدة.




3′ 5′
AAATACCCCTTAGCGAACATT
TTTATGGGGAATCGCTTGTAA
5′ 3′

الشكل يوضح بدء DNA فى نسخ mRNA المطلوب:

١- حدد المحفز.

٢- حدد الشريط الذى يستنسخ منه mRNA.

٣- حدد عدد كودونات mRNA.

٤- حدد عدد الأحماض الأمينية.

٥- كم عدد جزيئات tRNA.

٦- أين تحدث هذه العملية.

**:الحل:-**

١- المحفز هو التتابع (AAA).

٢- الشريط العلوى الذى يحتوى على التتابع (AAA) المحفز.

٣- عدد كودونات mRNA = $\frac{\text{عدد نيوكليوتيدات الشريط الواحد}}{٣} = \frac{١٨}{٣}$ = ٦ كودونات.

ملحوظة: لم يتم حساب المحفز لأنه لا ينسخ وإنما يعطى إشارة للشريط الذى ينسخ منه فقط.

٤- عدد الأحماض الأمينية = عدد الكودونات mRNA - ١ = ٦ - ١ = ٥ أحماض أمينية.

٥- عدد جزيئات tRNA = عدد الأحماض الأمينية = ٥ جزيئات.

٦- تحدث هذه العملية فى النواة عند أجزاء معينة على أحد شريطى DNA الذى يسبق بالمحفز حيث يوجه إنزيم بلمرة RNA إلى الشريط (′5←′3) الذى ينسخ منه mRNA فى الاتجاه الجديد (′3←′5).

# التكنولوجيا الجزيئية (الهندسة الوراثية)

## إنجازات التكنولوجيا الجزيئية (الهندسة الوراثية)

١ إمكانية عزل جين مرغوب فيه وتكوين ملايين النسخ منه داخل خلية بكتيرية أو خميرة.
٢ تحليل نسخ الجينات لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات فى هذا الجين.
٣ إجراء مقارنة بين تركيب جينات نفس الفرد أو جينات أفراد مختلفة.
٤ معرفة تتابع النيوكليوتيدات فى الجين وبالتالي معرفة تتابع الأحماض الأمينية فى البروتين المقابل.
٥ نقل جينات وظيفية إلى خلايا نباتية أو أخرى حيوانية.
٦ بناء جزيئات DNA حسب الطلب فى عام ١٩١٧م تمكن **خورانا Khorana** من إنتاج جين صناعى وإدخاله إلى خلايا بكتيرية، أما حديثًا يوجد فى المعامل **نظم جينية** يمكن برمجتها لإنتاج شريط قصير من DNA يحتوى على تتابع النيوكليوتيدات الذى ترغب فيه.

فسر تلعب النظم الجينية دورًا هامًا فى الهندسة الوراثية.

٧ استخدام DNA المبنى حسب الطلب فى تجارب تخليق البروتين.
٨ دراسة تأثير الأحماض الأمينية على وظيفة البروتين عن طريق تغيير الشفرة لاستبدال حمض أمينى بآخر.

## أهم تقنيات التكنولوجيا الجزيئية

- تهجين الحمض النووى
- استنساخ تتابعات DNA
- DNA معاد الاتحاد

## تهجين الحمض النووي

**الأساس العلمى لتهجين الحمض النووي:**

- عند رفع درجة حرارة جزىء DNA إلى ١٠٠°م ... **ماذا يحدث ؟**
تتكسر الروابط الهيدروجينية التى تربط القواعد النيتروجينية فى شريطى اللولب المزدوج ويتكون شريطان مفردان غير ثابتين.

- عند خفض درجة حرارة جزىء DNA ... **ماذا يحدث ؟**
تتزاوج الأشرطة المفردة ببعضها لتكون لولب مزدوج من جديد حيث إنها تميل للوصول لحالة الثبات.

- أى شريطين مفردين من DNA أو RNA يمكنهما تكوين شريط مزدوج إذا وجد بينهما تتابعات قصيرة من القواعد المتكاملة.

- **تتوقف شدة التصاق الشريطين فى اللولب المزدوج على:** درجة التكامل بين تتابعات قواعدهما النيتروجينية **ويمكن قياس شدة الالتصاق بـ:** مقدار الحرارة اللازمة لفصل الشريطين عن بعضهما مرة أخرى فكلما كانت شدة الالتصاق كبيرة بين الشريطين زاد مقدار الحرارة اللازمة لفصلهما.

- يمكن استخدام قدرة الشريط المفرد لـDNA أو RNA على الالتصاق طويلا فى إنتاج لولب مزدوج هجين.

## كيفية الحصول على DNA مزدوج هجين:

١ تمزج أحماض نووية من مصدرين مختلفين (نوعين مختلفين من الكائنات الحية).

٢ ترفع درجة حرارة المزيج إلى ١٠٠°م فتنفصل جزيئات DNA إلى أشرطة منفردة.

٣ يترك الخليط ليبرد فيحدث ازدواج للقواعد النيتروجينية المتكاملة بين الشرائط فتتكون بعض اللوالب المزدوجة الأصلية بالإضافة إلى عدد من اللوالب المزدوجة المهجنة (DNA مهجن) التى يتكون كل منها من شريط من كلا المصدرين.

**DNA المهجن**

لولب مزدوج يتكون من شريطين أحدهما من كائن حى والشريط المتكامل معه من كائن آخر.

### فكرة: كيف تحصل على RNA مزدوج هجين ؟

١ تمزج أحماض نووية ريبوزية من مصدرين مختلفين (نوعين مختلفين من الكائنات الحية).

٢ يحدث ازدواج للقواعد النيتروجينية المتكاملة بين الشرائط فتتكون لوالب مزدوجة مهجنة يتكون كل منها من شريط من كلا المصدرين بالإضافة إلى بعض الشرائط المفردة التى تظل كما هى دون ازدواج.

## استخدامات DNA المهجن:

**١ الكشف عن وجود جين معين وتحديد كميته داخل المحتوى الجينى لعينة ما.**

- يحضر شريط مفرد لتتابعات النيوكليوتيدات يتكامل مع أحد أشرطة الجين محل الدراسة وذلك باستخدام نظائر مشعة (حتى يسهل التعرف عليه بعد ذلك).
- يخلط هذا الشريط مع العينة غير المعروفة.
- نستدل على وجود الجين وكميته فى الخليط بالسرعة التى تتكون بها اللوالب المزدوجة المشعة.

**مثال:**
التحقق من وجود التتابع (A–G–A–A–G) حوالى ١٠٠٠٠٠ مرة فى الدروسوفيلا.

**٢ تحديد العلاقات التطورية بين الأنواع المختلفة من الكائنات الحية.**

حيث إنه كلما تشابه تتابع النيوكليوتيدات الموجودة فى DNA بين نوعين مختلفين من الكائنات الحية وزادت درجة التهجين بينهما، كلما كانت العلاقات التطورية بينهما أقرب.

**مثال:**
الاستدلال على انتماء الإنسان لرتبة الرئيسيات.

**أجب عما يأتى:**

الجدول المقابل يوضح أشرطة لعينات مختلفة من DNA ودرجات الحرارة اللازمة لكسر الروابط الهيدروجينية بين القواعد النيتروجينية لكل شريطين.

| العينات | درجة الحرارة |
|---|---|
| أ ، ب | ٢٠ |
| ب ، جـ | ٨٠ |
| جـ ، د | ٤٠ |
| د ، ب | ٦٠ |

١- ما العينات التى تكون العلاقات التطورية بينها أقرب ما يمكن ؟ ولماذا ؟

٢- ما العينات التى تكون العلاقات التطورية بينها أبعد ما يمكن ولماذا ؟

١- العينات (ب ، جـ)؛ لأن درجة الحرارة اللازمة لفصل الشريطين أكبر ما يمكن مما يدل على وجود تكامل بين القواعد النيتروجينية بدرجة كبيرة فتكون العلاقات التطورية أكبر.

٢- العينات (أ ، ب)؛ لأن درجة الحرارة اللازمة لفصل الشريطين عن بعضهما أقل ما يمكن مما يدل على ضعف التكامل بين أزواج القواعد النيتروجينية وبُعد العلاقات التطورية.

# إنزيمات القطع أو القصر البكتيرية

## إنزيمات القصر أو القطع البكتيرية

إنزيمات بكتيرية تتعرف على مواقع عينة على جزىء DNA الفيروسى الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة.

**مكان إفرزها:** تفرزها الكائنات الدقيقة وبعض السلالات البكتيرية المختلفة.

**كيفية التوصل إليها (اكتشافها):**

- لاحظ العلماء أن الفيروسات التى تنمو داخل سلالات معينة من بكتيريا (E.coli) يقتصر نموها على هذه السلالات فقط ولا تستطيع أن تنمو داخل سلالات أخرى.
- فى السبعينات أرجع الباحثون عدم وجود هذه الفيروسات داخل سلالات أخرى من البكتيريا إلى أن هذه السلالات المقاومة للفيروسات تفرز إنزيمات تتعرف على مواقع معينة على جزىء DNA الفيروسى الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة سميت بـ«**إنزيمات القصر**».

**والسؤال الآن:** لا تهاجم إنزيمات القصر البكتيرية حمض DNA الخاص بالخلية البكتيرية ... **لماذا؟**

لأن هذه الأنواع من البكتيريا تفرز إنزيمات معدلة تضيف مجموعة ميثيل $CH_3$ إلى النيوكليوتيدات فى مواقع جزىء DNA البكتيرى التى تتماثل مع مواقع تعرف الفيروس مما يجعل DNA البكتيرى مقاومًا لفعل هذه الإنزيمات وبذلك تحافظ الخلية البكتيرية على DNA الخاص بها من التحلل.

**استنتاج**

تفرز الخلايا البكتيرية الإنزيمات المعدلة أولا ثم إنزيمات القصر.

**عددها:** تم فصل ما يزيد عن ٢٥٠ إنزيم من سلالات بكتيرية مختلفة.

**آلية عملها:**

1. يتعرف كل إنزيم من هذا الإنزيمات على تتابع معين للنيوكليوتيدات مكون من (٤ : ٧) نيوكليوتيدات يعرف بـ«**موقع التعرف**».
2. يقص الإنزيم هذا جزىء DNA عند هذا الموقع أو بالقرب منه بحيث يكون تتابع القواعد النيتروجينية على شريطى DNA عند موقع القطع نفسه عندما يقرأ التتابع على كل شريط فى اتجاه (3´).

**أمثلة:**

5´..... G↓A – A – T – T – C ..... 3´
3´..... C – T – T – A – A↑G ..... 5´

،

5´..... A↓A – G – C – T – T ..... 3´
3´..... T – T – C – G – A↑A ..... 5´

3. لكل إنزيم قصر القدرة على قطع جزىء DNA بغض النظر عن مصدره ... **علل؟**

لأن كل جزيئات DNA تتكون من نفس النيوكليوتيدات الأربعة وبالتالي يستطيع إنزيم القصر قطع جزىء DNA بغض النظر عن مصدره (فيروسى أو بكتيرى أو نباتى أو حيوانى) ما دام هذا الجزء يحتوى على نسخة أو أكثر من تتابعات التعرف.

**أهميتها:**

توفر وسيلة لقص DNA إلى قطع معلومة النيوكليوتيدات مكونة «**أطراف لاصقة**» وهى عبارة عن أشرطة مفردة مائلة يمكن أن تتزاوج قواعدها مع أطراف قطعة أخرى لشريط آخر ينتج من استخدام نفس الإنزيم على أي

DNA آخر ثم يتم ربط الشريطين معًا إلى شريط واحد باستخدام إنزيم ربط، وبهذه الطريقة يستطيع الباحث لصق قطعة معينة من جزىء DNA بقطعة أخرى من جزىء DNA آخر.



دور إنزيمات القصر والربط في قطع وربط قطعتين مختلفين من DNA عند مواقع محددة

**أجب عما يأتى:**

١ ما وسائل الجهاز المناعى لدى الخلايا البكتيرية ؟

تفرز الخلايا البكتيرية إنزيمات قصر تتعرف على مواقع معينة على DNA الفيروسى الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة وبذلك تحمى نفسها من الفيروسات التى تهاجمها.

٢ إذا كان تتابع النيوكليوتيدات فى أحد شريطى قطعة من DNA كالتالى:

5′..... C T G A A T T C A G ..... 3′

١- اكتب هذا التتابع وأضف إليه التتابع المكمل من نيوكليتيدات الشريط الآخر لنفس القطعة.

٢- إذا كان لديك إنزيم قصر موقع تعرفه هو G↓A A T T C
C T T A A↑G

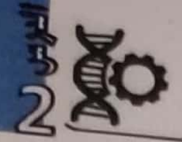
اكتب تتابعات النيوكليوتيدات فى القطع الناتجة عن عمل هذا الإنزيم على شريط DNA.

**الحل:-**

١- 5′..... C T G↓A A T T C A G ..... 3′
3′..... G A C T T A A↑G T C ..... 5′

٢- A A T T C A G ..... 3′
G T C ..... 5′

5′..... C T G
3′..... G A C T T A A



## استنساخ تتابعات DNA

**استنساخ تتابعات DNA**

إنتاج العديد من نسخ جين ما أو قطعة من DNA وذلك بلصقها بجزيء ما يحملها لخلية بكتيرية، وعادة ما يكون هذا الحامل فاج أو بلازميد.

**طرق الحصول على قطع DNA المراد نسخها (الجينات):** طريقتان هما:

### أ فصل DNA من المحتوى الجينى

- يتم الحصول على المحتوى الجينى للخلية (فصل كمية DNA الموجودة بها) ثم يتم قص DNA بواسطة إنزيمات القصر.
- بهذه الطريقة يتم الحصول من المحتوى الجينى لأحد الثدييات (مثلا) على ملايين النسخ من قطع DNA يمكن لصقها ببلازميد أو فاج لاستنساخها (مضاعفتها).
- يتم استخدام تقنيات انتقائية مختلفة لعزل تتابع DNA (قطعة DNA) المرغوب فى التعامل معه.

### ب استخدام mRNA وإنزيم النسخ العكسى

**تعتبر الطريقة الأفضل وتتم كالتالى:**

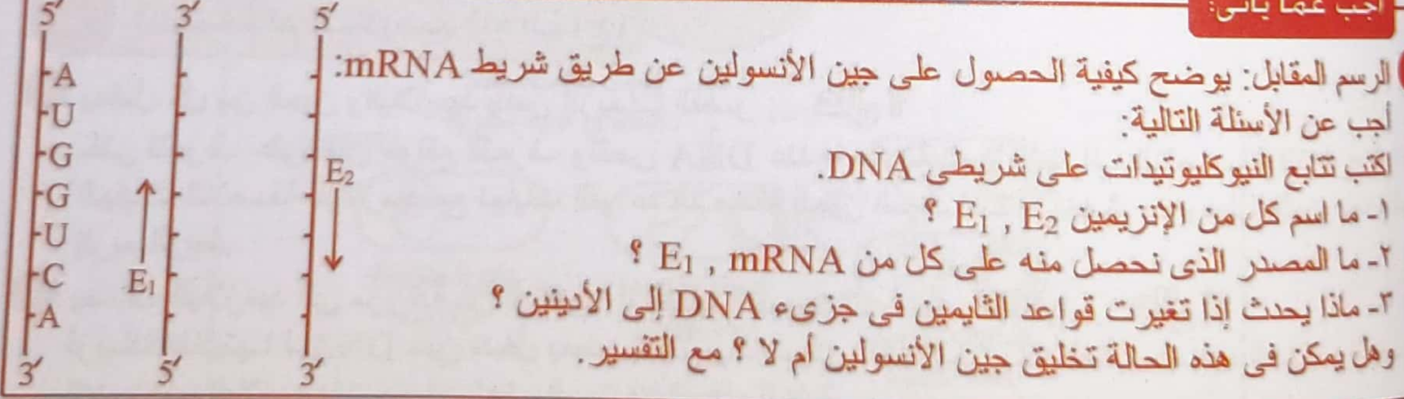
1. يتم عزل mRNA من بعض الخلايا التى يكون بها الجين نشطًا، مثل: خلايا البنكرياس التى تكون الأنسولين أو الخلايا المولدة لكرات الدم الحمراء التى تكوّن الهيموجلوبين ... **علل ؟**
وذلك لوجود كمية من كبيرة من mRNA الذى يحمل الرسالة اللازمة لبناء هذه البروتينات.
2. يتم استخدام mRNA كقالب لبناء شريط DNA الذى يتكامل معه وذلك باستخدام إنزيم النسخ العكسى.

**ملحوظة**

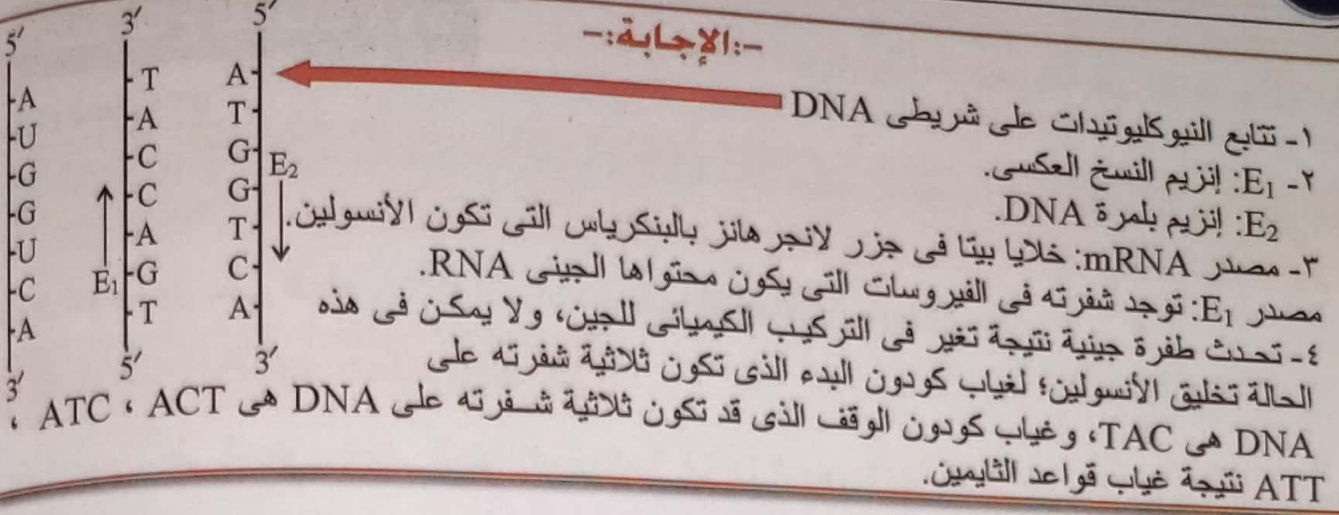
توجد شفرة إنزيم النسخ العكسى فى الفيروسات التى محتواها الجينى RNA ... **علل ؟**
حتى تمكنها من تحويل مادتها الوراثية من RNA إلى DNA يرتبط بالمحتوى الجينى من DNA فى خلية العائل ويسيطر عليها وبذلك يضمن تضاعفه داخلها.

3. يتم بناء الشريط المتكامل مع شريط DNA المتكون بواسطة إنزيم بلمرة DNA فنحصل على لولب مزدوج من DNA يمكن استنساخه.

**أجب عما يأتى:**




1. الرسم المقابل: يوضح كيفية الحصول على جين الأنسولين عن طريق شريط mRNA:
أجب عن الأسئلة التالية:
اكتب تتابع النيوكليوتيدات على شريطى DNA.
١- ما اسم كل من الإنزيمين $E_2$ , $E_1$ ؟
٢- ما المصدر الذى نحصل منه على كل من mRNA , $E_1$ ؟
٣- ماذا يحدث إذا تغيرت قواعد الثايمين فى جزىء DNA إلى الأدينين ؟
وهل يمكن فى هذه الحالة تخليق جين الأنسولين أم لا ؟ مع التفسير.




**-:الإجابة:-**

١- تتابع النيوكليوتيدات على شريطى DNA

٢- $E_1$: إنزيم النسخ العكسى.

$E_2$: إنزيم بلمرة DNA.

٣- مصدر mRNA: خلايا بيتا فى جزر لانجرهانز بالبنكرياس التى تكون الأنسولين.

مصدر $E_1$: توجد شفرته فى الفيروسات التى يكون محتواها الجينى RNA.

٤- تحدث طفرة جينية نتيجة تغير فى التركيب الكيميائى للجين، ولا يمكن فى هذه الحالة تخليق الأنسولين؛ لغياب كودون البدء الذى تكون ثلاثية شفرته على DNA هى TAC، وغياب كودون الوقف الذى قد تكون ثلاثية شفرته على DNA هى ACT ، ATC ، ATT نتيجة غياب قواعد الثايمين.

**أجب عما يأتى:**

إذا كان تتابع النيوكليوتيدات على شريط mRNA كالتالى:

3´ ..... AUC GAU CUG AAA UCA UAG AAAAAA .....5´

١- اكتب مضادات الكودونات على tRNA.

٢- ما عدد الروابط الببتيدية الناتجة عن ترجمة هذا التتابع ؟

٣- اكتب تتابع النيوكليتيدات الناتج من معاملة هذا التتابع بإنزيم النسخ العكسى.

٤- ما الفائدة من وجود تكرار فى التتابع (AAAAAA) فى نهاية هذا الشريط ؟ ولماذا لا يترجم؟

**-:الإجابة:-**

١- UAG - CUA - GAC - UUU - AGU

٢- عدد الروابط الببتيدية = عدد الأحماض الأمينية - ١ = ٥ - ١ = ٤ روابط ببتيدية.

٣- 5´ ..... TAG CTA GAC TTT AGT ATC ..... 3´

٤- يشير التتابع إلى ذيل عديد الأدنين المسئول عن حماية mRNA من التحلل بواسطة الإنزيمات الموجودة فى السيتوبلازم، ولا يترجم هذا التتابع؛ لأنه يسبقه كودون وقف تنتهى عنده عملية الترجمة وتخليق البروتين وكما أنه لا يمثل شفرة.

**ملحوظة**

ينتهى عمل إنزيم النسخ العكسى عند كودون البدء على mRNA وليس كودون الوقف في هذه التجارب معمليًا.

**طرق استنساخ تتابعات DNA:** يتم نسخ جين أو قطعة من DNA بطريقتين هما:

## أ استخدام البلازميد (أو الفاج)

١ يعامل كل من الجين والبلازميد بنفس إنزيمات القصر ... **علل ؟**

حتى تتعرف على نفس مواقع التعرف وتقص DNA عندها مكونة نفس الأطراف اللاصقة فتتزاوج قواعد النهايات اللاصقة للبلازميد مع نهايات القواعد اللاصقة للجين المراد استنساخه ثم يتم ربط الاثنين معًا بنفس إنزيم الربط.

٢ يضاف البلازميد إلى مزرعة من البكتيريا أو خلايا الخميرة التى سبق معاملتها ... **علل ؟**

لزيادة نفاذيتها لـDNA حين تدخل بعض البلازميدات إلى داخل الخلايا وكلما نمت هذه الخلايا وانقسمت تتضاعف البلازميدات مع تضاعف المحتوى الجينى للخلية.

٣ يتم تكسير الخلايا وتحرير البلازميدات منها وعليها قطع الجين المستنسخة.

٤ يتم إطلاق الجين من نفس البلازميدات باستخدام نفس إنزيمات القصر التى سبق استخدامها.

٥ يتم عزل الجينات بالطرد المركزى المفرق وبذلك يصبح لدى الباحث كمية كافية من الجينات أو قطع الـDNA المتماثلة يستطيع تحليلها لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات بها أو زراعتها فى خلايا أخرى.

**أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتى:**

**يلعب الطرد المركزى المفرق دورًا هاما فى تقنيات التكاثر والهندسة الوراثية.**

- التكاثر: يتم من خلاله عزل الحيوانات المنوية ذات الصبغى (X) عن الحيوانات المنوية ذات الصبغى (Y) للتحكم فى جنس المواليد كما فى حيوانات المزرعة بهدف إنتاج ذكور فقط بهدف إنتاج اللحوم أو إناث فقط بهدف إنتاج الألبان والتكاثر.
- الهندسة الوراثية: يتم من خلالها عزل الجينات أو قطع الـ DNA المستنسخة عن البلازميدات وبذلك يصبح لدى الباحث كمية كافية من الجينات أو قطع DNA المتماثلة يستطيع تحليلها لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات بها أو زراعتها فى خلايا أخرى.

قطعة من DNA
AAGCTT TTCGAA AAGCTT TTCGAA
بلازميد
AAGCTT TTCGAA
R
إنزيم القطع
إنزيم القطع
أطراف لاصقة
AGCTT A
A TTCGA
طرف لاصق
إنزيم الربط
بلازميد ماد الاتحاد
إدخال بلازميد معاد الاتحاد في خلية بكتيرية
DNA بكتيرى
بكتريا منزوعة البلازميد
إدخال بلازميد معاد الاتحاد
تضاعف بلازميد معاد الاتحاد

استنساخ DNA

## ب استخدام جهاز PCR

يقوم جهاز PCR (Polymerase Chain Reaction) بمضاعفة قطع DNA آلاف المرات خلال دقائق باستخدام إنزيم تاك بوليمريز الذى يعمل عند درجة حرارة مرتفعة وهذه التقنية هى التقنية المستخدمة حاليًا.

### مقارنة بين آليات البيولوجيا الجزيئية:

| | التضاعف | النسخ | النسخ العكسى | الاستنساخ |
|---|---|---|---|---|
| المفهوم العلمى | عملية يتم فيها تضاعف كمية DNA الموجودة فى الخلية قبل أن تبدأ فى الانقسام حتى تستقبل كل خلية جديدة نسخة طبق الأصل من المعلومات الوراثية الموجودة فى الخلية الأصلية. | عملية يتم فيها بناء شريط مفرد من mRNA من أحد شريطى DNA والذى يبدأ بالمحفز لنقل الشفرة الوراثية من النواة إلى السيتوبلازم والتي تلعب دورًا هامًا فى بناء البروتين. | عملية يتم فيها تحويل الشريط المفرد من mRNA إلى شريط DNA يتكامل معه بهدف الحصول على قطع DNA المراد استنساخها. | إنتاج العديد من نسخ جين ما أو قطعة DNA وذلك بلصقها بجزىء ما يحملها داخل خلية بكتيرية أو خلية خميرة وعادة ما يكون هذا الحامل فاج أو بلازميد. |
| الإنزيمات المطلوبة | تتطلب هذه العملية:<br>١- إنزيمات اللولب.<br>٢- إنزيمات بلمرة DNA.<br>٣- إنزيمات الربط. | تتطلب هذه العملية: إنزيم بلمرة RNA ولا تحتاج إنزيمات ربط. | تتطلب هذه العملية:<br>١- إنزيم النسخ العكسى لبناء الشريط المفرد من DNA.<br>٢- إنزيم بلمرة DNA لبناء الشريط المكمل للشريط المفرد. | ١- إنزيمات القصر والربط.<br>قد تحتاج هذه العملية إلى إنزيم تاك بوليميريز وذلك فى جهاز PCR حديثًا. |

### مقارنة هامة:

| الإنزيم | أهميته | طبيعة عمله |
|---|---|---|
| إنزيم بلمرة RNA | يقوم ببناء RNA من أحد شريطى DNA (´3⟵´5) الذى يبدأ بالمحفز عن طريق إضافة ريبونيوكليوتيدات جديدة فى الاتجاه (´5⟵´3) الواحدة تلو الأخرى والربط بينها. | تكوين روابط تساهمية فى شريط RNA الجديد بين النيوكليتيدات وبعضها. |
| إنزيمات القصر (القطع) البكتيرية | ١- بالنسبة للبكتيريا: تتعرف على مواقع معينة على DNA الفيروسى الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة وبذلك تحمى الخلية البكتيرية نفسها من الفيروسات التى تهاجمها.<br>٢- بالنسبة لتجارب الهندسة الوراثية: توفر وسيلة لقطع DNA إلى قطع معلومة النيوكليوتيدات مكونة أطراف لاصقة يمكن أن تتزاوج قواعدها مع قواعد أطراف لاصقة لشريط DNA آخر سبق معاملته بنفس إنزيمات القصر ثم يتم الربط بينهما بإنزيم ربط وبهذه الطريقة يمكن لصق قطعة DNA بقطعة أخرى من جزىء DNA آخر. | كسر روابط هيدروجينية وتساهمية عند مواقع محددة على جزىء DNAالمعروفة بمواقع التعرف. |

| | | |
|---|---|---|
| الإنزيمات المعدلة | جعل DNA الخاص بالخلية البكتيرية مقاومًا لتأثير إنزيمات القصر عن طريق إضافة مجموعة ميثيل $CH_3$ إلى النيوكليوتيدات فى مواقع جزىء DNA البكتيرى التى تتماثل مع مواقع التعرف على الفيروس وبذلك تحمى نفسها من التحلل بواسطة إنزيمات القصر. | تكوين روابط هيدروجينية بين مجموعة الميثيل $CH_3$ والنيوكليوتيدات المماثلة لمواقع التعرف على DNA. |
| إنزيم تاك بوليمريز | مضاعفة قطع DNA آلاف المرات خلال دقائق معدودة فى جهاز PCR عند درجات حرارة عالية جدًا. | تكوين روابط تساهمية وهيدروجينية فى جزىء DNA الجديد. |
| إنزيم النسخ العكسى | ١- بالنسبة للفيروسات: يمكن الفيروسات التى محتواها الجينى RNA من تحويل مادتها الوراثية إلى DNA يرتبط بالمحتوى الجينى لخلية العائل ويسيطر عليها.<br>٢- بالنسبة لتجارب الهندسة الوراثية: تحويل mRNA المعزول من الخلايا التى يكون فيها الجين نشطًا إلى شريط مفرد DNA يتكامل معه لبناء قطع DNA يمكن استنساخها. | تكوين روابط تساهمية فى شريط DNA الجديد بين النيوكليوتيدات النامية. |

## حدد أوجه الشبه والاختلاف بين إنزيم بلمرة DNA وإنزيم تاك بوليمريز

| | إنزيم بلمرة DNA | إنزيم تاك بوليمريز |
|---|---|---|
| أوجه الشبه | يعملان على تكوين روابط تساهمية وهيدروجينية فى شريط DNA الجديد. | |
| أوجه الاختلاف | - يعمل فى درجة حرارة الجسم العادية.<br>- يلعب دورًا فى تضاعف DNA داخل الخلية عن طريق بناء أشرطة DNA الجديدة وذلك بإضافة نيوكليوتيدات جديدة والربط بينها من البداية ´5 إلى النهاية ´3 لشريط DNA الجديد. | - يعمل فى درجات حرارة عالية جدًا فى جهاز PCR.<br>- يعمل على مضاعفة قطع DNA آلاف المرات خلال عدة دقائق فى جهاز PCR. |

### أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتى:

١ على الرغم من أن البكتيريا والبشر كائنات مختلفة تمامًا عن بعضها إلا أنه من الممكن لصق قطعة DNA البشرى ببلازميد البكتيريا.

لأن حمض DNA لجميع الكائنات الحية يتكون من نفس النيوكليوتيدات الأربعة.

٢ لا يوجد إنزيم تاك بوليميريز داخل خلايا جسم الإنسان.

لأن هذا الإنزيم لا يعمل إلا فى درجات حرارة عالية جدًا أكبر بكثير من درجة حرارة خلايا الجسم.

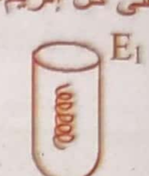
## ماذا يحدث عند:

١ معاملة الجينوم البشرى بإنزيمات القصر البكتيرية ؟
تتعرف على مواقع معينة على جزىء DNA تسمى (مواقع التعرف) فتقص DNA عندها أو بالقرب منها إلى قطع معلومة النيوكليوتيدات مكونة أطراف لاصقة يمكن أن تتزاوج قواعدها مع قواعد لاصقة لشريط DNA آخر.

٢ اختفاء شفرة إنزيم النسخ العكسى من خلايا فيروس الإنفلونزا الذى يصيب الإنسان ؟
لن يتمكن هذا الفيروس من تحويل المادة الوراثية من RNA إلى DNA وبالتالي لن يرتبط بـDNA الخاص بخلايا الإنسان فيتوقف عن التضاعف والتكاثر وبالتالي تقل فرص الإصابة بالعدوى والمرض.

## أجب عما يأتى:

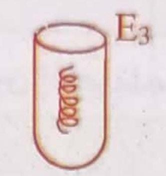
١ أمامك أربعة أنابيب اختبار تحتوى كل منها على عينة من DNA تم معاملة كل منها بإنزيم معين. تعرف على كل إنزيم، مع التفسير.



نيوكليوتيدات منفصلة



أجزاء مفردة من DNA طولها ٥ نيويكليوتيدات



شريطان منفصلان من DNA



العديد من قطع DNA

**-:الإجابة:-**

- $E_1$: إنزيم دى أكسى ريبونيوكليز؛ لأنه يعمل على تحليل DNA تحليلا كاملا.
- $E_2$: إنزيم القصر (القطع) البكتيرى؛ لأنه يتعرف على تتابعات معينة من DNA مكونة من (٤:٧) نيوكليوتيدات ويقص DNA عندها إلى قطع صغيرة.
- $E_3$: إنزيم اللولب؛ لأنه يعمل على كسر الروابط الهيدروجينية بين أزواج القواعد النيتروجينية المتكاملة فينفصل اللولب المزدوج إلى شريطين مفردين.
- $E_4$: إنزيم تاك بوليمريز؛ لأنه يعمل على مضاعفة قطع DNA آلاف المرات خلال عدة دقائق ويعمل فى درجات حرارة عالية جدًا.

٢ كيف تحصل على DNA هجين مزدوج من mRNA ؟
يتم معاملة mRNA بإنزيم النسخ العكسى فنحصل على شريط مفرد من DNA يتكامل مع تتابع النيوكليوتيدات الموجودة على mRNA ثم يتم خلط الشريط المفرد من DNA مع شريط آخر من DNA لكائن آخر فنحصل على لولب مزدوج هجين.

## DNA معاد الاتحاد

**DNA معاد الاتحاد**

عملية إدخال جزء من DNA الخاص بكائن حى إلى خلايا كائن حى آخر.

## آراء العلماء حول تقنية DNA معاد الاتحاد

**بعضهم يؤيد هذه التقنية**

ويتخيلون أنه قد يأتى الوقت الذى يمكن فيه إدخال نسخ من جينات طبيعية إلى بعض الأفراد المصابة بعض جيناتهم بالعطب وبذلك يمكن شفاؤهم دون الاستخدام المستمر للعقاقير لعلاج النقص الوراثى.

**بعضهم يعارض هذه التقنية**

ويعتريهم القلق لأنه من المحتمل أن يتم إدخال جين مسئول عن إنتاج مادة سامة خطرة داخل خلايا بكتيرية وإطلاقها فى العالم ولكن هذا الاحتمال ضعيف... علل؟
لأنه على الرغم من أن سلالات البكتيريا المستخدمة فى تجارب DNA معاد الاتحاد هى E.coli التى تعيش فى أمعاء الإنسان إلا أن السلالة المستخدمة فى التجارب لم تعش داخل جسم الإنسان لعدة آلاف من الأجيال وقد تغيرت هذه البكتيريا فأصبحت غير قادرة على الحياة إلا فى منازلها من أنابيب الاختبار.

## التطبيقات العملية لتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد

### أولاً: فى مجال الطب:

تمكن العلماء من إنتاج بروتينات مفيدة على نطاق تجارى، مثل:

**١ إنتاج هرمون الأنسولين البشرى الذى يحتاجه يوميًا ملايين البشر المصابين بمرض السكر.**

- رخصت الولايات المتحدة الأمريكية استخدام الأنسولين المعد بتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد عام ١٩٨٢م لأول مرة.
- كان يتم استخلاص الأنسولين قبل ذلك من بنكرياس المواشى والخنازير وهذه العملية طويلة ومرتفعة التكلفة.
- تمكن العلماء من إدخال جينات الأنسولين داخل خلايا بكتيرية وبذلك أصبحت البكتيريا نفسها منتجة للأنسولين.
- الأنسولين البشرى الذى تنتجه البكتيريا ما زال مرتفع التكلفة إلا أنه أفضل لبعض المرضى الذين لا يتحملون الفروق الطفيفة بين الأنسولين البشرى وأنسولين الأنواع الأخرى.
- مع تحسين طرق الإنتاج قد يصير الأنسولين البكتيرى أقل تكلفة.

**٢ إنتاج الإنترفيرونات Interferones.**

- **كيفية إنتاجها:** إدخال جينات الإنترفيرونات البشرية داخل خلايا بكتيرية وبذلك تصبح البكتيريا منتجة للإنترفيرونات وقد بلغ عدد هذه الجينات حوالى ١٥ جينًا.
- **أهمية الإنترفيرونات:** وقف تضاعف الفيروسات خاصة التى يكون محتواها الجينى RNA مثل الإنفلونزا وشلل الأطفال والإيدز حيث تنطلق الإنترفيرونات من الخلايا المصابة بالفيروس إلى الخلايا المجاورة لها لتعمل على وقايتها من مهاجمة الفيروس.
- **آمال العلماء حول الإنترفيرونات:** تخيل العلماء أنه يمكن استخدامها فى علاج بعض الأمراض الفيروسية بالإضافة إلى بعض أنواع السرطان ولكن الدراسات المبدئية لاستخدام الإنترفيرون فى علاج السرطان كانت مخيبة للآمال وقد يرجع ذلك لمشاكل تقنية يمكن التغلب عليها فيما بعد.
- **تكلفة إنتاج الإنترفيرونات:** كان الإنترفيرون المستخدم فى الطب حتى عام ١٩٧٠م يستخلص بصعوبة من الخلايا البشرية لذلك كان نادر الوجود ومرتفع الثمن، وقد تمكن الباحثون فى مصانع الأدوية فى الثمانينات من إدخال ١٥ جينًا بشريًا للإنترفيرون داخل خلايا بكتيرية وبذلك أصبح الإنترفيرون الآن وفيرًا ورخيص الثمن نسبيًا.

## ثانيًا: فى مجال الزراعة:

قد يتمكن الباحثون الزراعيون فى القريب العاجل من:

١ إدخال جينات مقاومة للمبيدات العشبية ولبعض الأمراض الهامة لنباتات المحاصيل.

٢ عزل ونقل الجينات الموجودة فى النباتات البقولية (والتي تمكنها من استضافة البكتيريا القادرة على تثبيت النيتروجين الجوى فى جذورها) إلى نباتات محاصيل أخرى لا تستطيع استيعاب هذه البكتيريا، ومن ثم يمكن الاستغناء عن إضافة الأسمدة النيتروجينية عالية التكلفة والتي تسبب تلويث المياه فى المناطق الزراعية.

## ثالثًا: فى مجال التجارب والأبحاث:

ما زال الكثير من استخدامات الهندسة الوراثية مجرد أحلام إلا أن الأحلام سرعان ما تتحقق حيث تمكن بعض الباحثون من:

١ زرع جين لون الياقوت الأحمر للعيون من سلالة من ذبابة الفاكهة (الدروسوفيلا) فى خلايا مقرر لها أن تكون أعضاء تكاثرية لجين من سلالة أخرى وعندما نمت الأجنة إلى أفراد انتقل إليها الجين الذى أضفى على الأجيال الناتجة عن هذه الأفراد صفة لون الياقوت الأحمر للعيون بدلا من اللون البنى.

٢ إدخال جين يحمل شفرة هرمون النمو من فأر من النوع الكبير (أو من إنسان) إلى فئران من النوع الصغير، فنمت هذه لفئران الصغيرة إلى ضعف حجمها الطبيعي، وقد انتقلت هذه الصفة إلى الأجيال التالية.

### أجب عما يأتي:

١ **اكتب المصطلح العلمى:**

**بروتينات توقف تضاعف الفيروسات:** الإنترفيرونات.

**بروتينات تحلل الفيروسات إلى قطع:** إنزيمات القصر البكتيرية.

٢ **كيف يمكن علاج مريض السكر بطريقتين مختلفتين من تطبيقات تكنولوجيا DNA معاد الاتحاد ؟ وأى الطريقتين أفضل ؟ ولماذا ؟**

- الطريقة الأولى: إنتاج الأنسولين البشرى عن طريق إدخال جينات الأنسولين داخل خلايا بكتيرية وبذلك تصبح البكتيريا منتجة للأنسولين البشرى لعلاج المرضى الذين لا يتحملون الفروق الطفيفة بين الأنسولين البشرى والأنسولين المستخلص من بنكرياس المواشى والخنازير.
- الطريقة الثانية: إدخال نسخ من جينات طبيعية للأفراد المصابة بعض جيناتهم بالعطب لعلاج النقص الوراثى عندهم فى خلايا بيتا بالبنكرياس.

✓ الطريقة الثانية: أفضل لأن العلاج بالجينات ليس له آثار جانبية كما أنه علاج لمرة واحدة فقط وبذلك يمكن شفاؤهم دون الاستخدام المستمر للعقاقير.

٣ **فسر: تعتبر تكنولوجيا DNA معاد الاتحاد سلاح ذو حدين.**

لأن تكنولوجيا DNA معاد الاتحاد:

١- تلعب دورًا هامًا فى مجالات مختلفة مثل الطب لإنتاج بروتينات مفيدة على نطاق تجارى واسع مثل الأنسولين البشرى لعلاج مرضى السكر والإنترفيرونات لعلاج بعض أنواع السرطان بالإضافة إلى مجالات الزراعة والتجارب والأبحاث.

٢- لها مخاطر كثيرة فمن المحتمل أن يتم إدخال جين مسئول عن إنتاج مادة سامة خطرة داخل خلايا بكتيرية وإطلاقها فى العالم.

**ماذا يحدث عند:**

- نقل DNA من بكتيريا مقاومة للبنسلين إلى سلالة أخرى غير مقاومة له ؟
ستكتسب هذه السلالة من البكتيريا خاصية مقاومة البنسلين لانتقال الجينات إليها.

## الجينوم البشرى

**الجينوم البشرى**

المجموعة الكاملة الجينات الموجودة على كروموسومات الخلية البشرية.

### مراحل اكتشاف الجينوم البشرى:

1. فى عام ١٩١٣ أثبت واطسون وكريك أن الجينات عبارة عن لولب مزدوج من الحمض النووي DNA.
2. فى عام ١٩٨٠ تعرف العلماء على حوالى ٤٥٠ جينًا من الجينات البشرية.
3. فى منتصف الثمانينات توصل العلماء إلى ١٥٠٠ جينًا بعضها:
   - يسبب زيادة الكوليسترول فى الدم (أحد أسباب مرض القلب).
   - يمهد للإصابة بالأمراض السرطانية.
4. حديثًا توصل العلماء إلى وجود من ٦٠ : ٨٠ ألف جين فى الإنسان موجودة على ٢٣ زوج من الكروموسومات وتعرف المجموعة الكاملة للجينات بالجينوم البشرى وتم اكتشاف أكثر من نصف هذه الجينات حتى الآن.

**ملاحظات**

- ترتب الكروموسومات من رقم (١) : (٢٣) حسب الحجم فيما يعرف بـ«الطرز الكروموسومى».
- يشذ الكروموسوم (X) عن باقى الكروموسومات فى ترقيمه داخل الطرز الكرموسومى ... **فسر؟**
حيث إن جميع الكروموسومات ترتب حسب حجمها من ١ : ٢٣ ولكن الكروموسوم (X) لا يخضع لهذا الترتيب لأنه كروموسوم جنسى وباقى الكروموسومات جسدية لذلك فهو يلى الكروموسوم السابع فى الحجم ولكنه يترتب فى نهاية الكروموسومات ويحمل الرقم ٢٣.

### أمثلة لبعض الجينات التى تم تحديدها على الجينات:

| الجين | جين البصمة | جينات فصائل الدم | - الجين المسئول عن تكوين الأنسولين.<br>- الجين المسئول عن تكوين الهيموجلوبين. | - جين عمى الألوان.<br>- جين الهيموفيليا (سيولة الدم). |
|---|---|---|---|---|
| الموقع | الكروموسوم (٨) | الكروموسوم (٩) | الكروموسوم (١١) | الكروموسوم (X) |

### أهمية الجينوم البشرى

1. معرفة الجينات المسببة للأمراض الجينية الوراثية الشائعة والنادرة.
2. معرفة الجينات المسببة لعجز بعض الأعضاء عن أداء وظائف الجسم.
3. الاستفادة منه فى المستقبل فى صناعة العقاقير والوصول إلى عقاقير بلا آثار جانبية.
4. دراسة تطور الكائنات الحية من خلال مقارنة الجينوم البشرى بغيره من جينات الكائنات الحية الأخرى.

٥ تحسين النسل من خلال التعرف على الجينات المرضية فى الجنين قبل ولادته والعمل على تعديلها.
٦ تحديد خصائص وصفات أي إنسان يعيش على سطح الأرض من خلال فحص خلية جسدية أو حيوان منوى، فيمكن من خلال الجينوم البشرى أن نرسم صورة لكل شخص بكل ملامح وجهه.

**أجب عما يأتي:**

١ فسر: للجينوم البشرى أهمية كبرى فى علم الجريمة.
- حيث أنه أمكن الكشف عن الجرائم ومرتكبيها من خلال جين البصمة المحمول على الكروموسوم (٨) والذى يختلف من إنسان لأخر.
- يمكن تحديد صفات وخصائص المجرم من خلال فحص خلية جسدية أو حيوان منوى منه وبذلك يمكن رسم صورة لكل شخص بكل ملامح وجهه عن طريق الجينوم البشرى.

٢ ما المقصود بـ: جين الطب الجنائى ؟
جين يحمل على الكروموسوم الثامن وهو جين البصمة الذى يستدل منه فى الكشف عن الجرائم ومرتكبيها لذلك يستخدم فى الطب الجنائى.

٣ كيف يمكن الاستفادة من دراسة الجينوم البشرى فى تحسين النسل ؟
من خلال التعرف على الجينات المرضية في الجنين قبل ولادته والعمل على تعديلها.

٣ الجدول التالى يوضح نسب القواعد النيتوجينية فى عينات مختلفة من الأحماض النووية.
اختر العينة التى تتناسب مع كل حالة فيما يأتى مع تفسير إجابتك فى كل حالة.
أ- بويضة.
ب- فيروس الإيدز.
جـ- عينة أخذت فى المرحلة الأولى من تهجين DNA.
د- الأجزاء المزدوجة فى tRNA.

| | C | A | G | T | U |
|---|---|---|---|---|---|
| العينة (١) | ٪٢٠ | ٪٣٠ | ٪٣٠ | ٪٢٠ | — |
| العينة (٢) | ٪٣٥ | ٪١٥ | ٪٣٥ | ٪١٥ | — |
| العينة (٣) | ٪٤٥ | ٪٢٥ | ٪١٠ | — | ٪٢٠ |
| العينة (٤) | ٪١٠ | ٪٤٠ | ٪١٠ | — | ٪٤٠ |

**-:الإجابة:-**

أ- العينة (٢) تعبر عن الحيوان المنوى؛ لأنه عبارة عن لولب مزدوج من DNA بسبب وجود قاعدة الثايمين، وتساوى نسبة الأدنين مع الثايمين والجوانين مع السيتوزين.
ب- العينة (٣) تعبر عن فيروس شلل الأطفال؛ لأن محتواه الجينى عبارة عن شريط مفرد من RNA بسبب وجود قاعدة اليوراسيل وعدم تساوى نسبة الأدنين مع اليوراسيل أو الجوانين مع السيتوزين.
جـ- العينة (١) تعبر عن العينة التى أخذت فى المرحلة الأولى من تهجين DNA؛ بسبب وجود قاعدة الثايمين وعدم تساوى نسبة الأدنين مع الثايمين أو الجوانين مع السيتوزين مما يدل على عدم ازدواجها بعد.
د- العينة (٤) تعبر عن جزء من إحدى حلقات t-RNA؛ بسبب وجود قاعدة اليوراسيل؛ وتساوى نسبة الأدنين مع اليوراسيل والجوانين مع السيتوزين حيث تحتفظ هذه الحلقات بشكلها بازدواج القواعد النيتروجينية.

## أسئلة بنظام Open Book

**١** أي الأشكال البيانية التالية تعبر عن التركيب الجزيئي الأدق لعينة أخذت في المرحلة الأولي من تهجين الـ DNA ؟



**٢** يتشابه ال DNA مع الثيروكسين في وجود عنصر ..........

Ⓐ اليود Ⓑ الحديد Ⓒ الفوسفور Ⓓ النيتروجين

**٣** أي الأشكال التالية تمثل وحدة بناء المادة الوراثية لفيروس الإنفلونزا ؟



**٤** عدد أنواع الأحماض الأمينية في سلسلة عديد الببتيد المقابلة ..........

Ⓐ ١٤ Ⓑ ١٢
Ⓒ ١٠ Ⓓ ٨



**٥** تحتوي السلسلة المقابلة علي روابط ..........

Ⓐ ببتيدية فقط Ⓑ تساهمية فقط
Ⓒ تساهمية وببتيدية Ⓓ أيونية وببتيدية

**٦** أي الأشكال التالية تمثل التركيب الصحيح للنيوكليوتيدة الأولي في مضاد كودون حمض المثيونين ؟

٧ مضاد الكودون الخاص بثلاثية الشفرة ACT علي ال DNA هو ..........
أ UGA  ب ACU  ج ACG  د لا توجد إجابة صحيحة

٨ النسبة بين عدد أنواع إنزيمات البلمرة في خلايا أوليات النواة وخلايا حقيقيات النواة يساوي:
أ ١:٤  ب ١:٣  ج ١:٢  د ١:١

٩ تكثر مركبات عديد الريبوسوم في جميع الخلايا التالية ما عدا ..........
أ غدد القناة الهضمية  ب خلايا بيتا بالبنكرياس
ج الفص الأمامي من الغدة النخامية  د قشرة الغدة الكظرية

١- د  ٢- د  ٣- ب  ٤- د  ٥- ج  ٦- ب  ٧- د  ٨- ج  ٩- د

١٠ **اكتب ما تشير إليه كل عبارة مما يلي :**
١- بروتين تنظيمي يعمل علي تحييد نشاط الفيروسات داخل جسم الإنسان.
٢- بروتين تنظيمي يمنع تكاثر الفيروسات داخل جسم الإنسان.
٣- بروتين تنظيمي يهضم الفيروسات إلي قطع عديمة القيمة في سلالات معينة من البكتيريا.
٤- عضيات تخليق البروتينات داخل الخلايا الحية.
٥- عضيات تكسير البروتينات داخل الخلايا الحية.

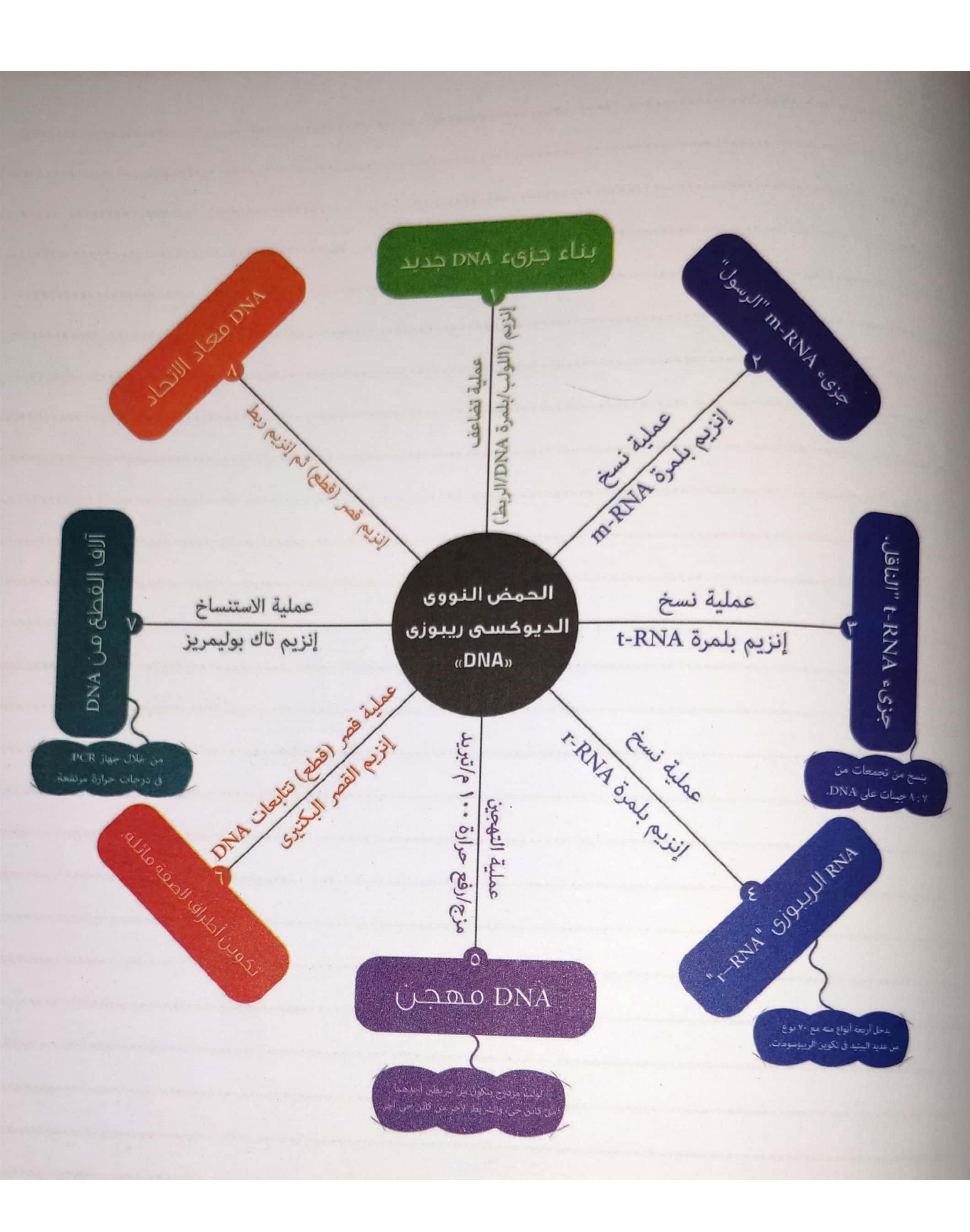
١١ **ادرس الشكل جيدًا ثم أجب :**




١- إلام تشير العمليتان الحيويتان ١ ، ٢ ؟
٢- إلام ترمز العملية الحيوية رقم (٣) ؟ وما نوع التفاعل الكيميائي والروابط الكيميائية السائدة فيها؟
٣- حدد آلية عمل الإنزيم المستخدم في العملية رقم (٤).
٤- حدد نوع البروتين الناتج من هذه العملية . مع ذكر مثال له.
٥- أي العمليات السابقة تحدث بصفة دورية داخل نسيج العضلة التوأمية؟
٦- أي العمليات السابقة تحدث بصفة دورية للمحتوي الجيني لفيروس شلل الأطفال ؟ مع التفسير.

**-:الإجابة:-**

١- العملية (١) تشير إلى عملية نسخ RNA ، والعملية (٢) تشير إلي عملية تضاعف DNA .
٢- العملية (٣) تشير إلى عملية ترجمة RNA إلي بروتين ، تفاعل نقل الببتيديل ، روابط ببتيدية بين الأحماض الأمينية وبعضها.
٣- يعمل إنزيم النسخ العكسي علي تكوين روابط تساهمية في شريط DNA الجديد بين النيوكليوتيدات النامية.
٤- بروتين تركيبي ؛ يدخل في تكوين الأنسجة الضامة كالأربطة والأوتار.
٥- العمليتان (١) ، (٣).
٦- العملية (٤)؛ حتي يتمكن الفيروس من تحويل مادته الوراثية من RNA إلي DNA يرتبط بالمحتوي الجيني لخلية العائل ويسيطر عليها بشكل يضمن تضاعفه داخلها.



الحمض النووى الديوكسى ريبوزى «DNA»
١
بناء جزىء DNA جديد
عملية تضاعف
إنزيم (اللولب/بلمرة DNA/الربط)
٢
جزىء m-RNA "الرسول"
عملية نسخ
إنزيم بلمرة m-RNA
٣
جزىء t-RNA "الناقل"
عملية نسخ
إنزيم بلمرة t-RNA
ينسخ من تجمعات من ٦ : ٨ جينات على DNA.
٤
RNA الريبوزى "r-RNA"
عملية نسخ
إنزيم بلمرة r-RNA
يدخل أربعة أنواع منه مع ٧٠ نوع من عديد الببتيد فى تكوين الريبوسومات.
٥
DNA مهجن
عملية التهجين
منح/رفع حرارة ١٠٠° م/تبريد
لولب مزدوج يتكون من شريطين أحدهما من كائن حى، والشريط الآخر من كائن حى آخر
٦
تكوين أطراف لاصقة مائلة.
عملية قص (قطع) تتابعات DNA
إنزيم القصر البكتيرى
٧
آلاف القطع من DNA
عملية الاستنساخ
إنزيم تاك بوليمريز
من خلال جهاز PCR فى درجات حرارة مرتفعة
٨
DNA معاد الاتحاد
إنزيم قصر (قطع) ثم إنزيم ربط

الدرس 1

# التكاثر اللاجنسى

تعتمد جميع المخلوقات على مصادر متنوعة تمدها بالطاقة اللازمة لحياتها ... علل؟
لكى تبقى على هذه الأرض إلى أجل محدد وتنتهى حياتها بالموت الحتمى، إذا أن جميع الأحياء تبدأ حياتها بالسعى المتواصل نحو تأمين بقائها كأفراد وتوفير الطاقة اللازمة لنموها حتى مرحلة معينة من خلال القيام بالوظائف الحيوية المختلفة كالتغذية والتنفس والإخراج والإحساس لكى تنجح فى حياتها المحدودة على الأرض ثم تسعى لتأمين بقاء أنواعها بالتكاثر فتوجه له معظم طاقاتها وسلوكها.

**التكاثر**

عملية حيوية يقوم بها الكائن الحى بعد أن يصل إلى حد معين من النمو بغرض الحفاظ على النوع وحمايته من الانقراض وزيادة أعداده.

## أوجه الاختلاف بين التكاثر وباقى الوظائف الحيوية

| | التكاثر | باقى الوظائف الحيوية |
|---|---|---|
| الأهمية | تؤمن استمرار الأنواع على الأرض بعد فناء الأفراد ولو تعطلت عملية التكاثر بشكل جماعى سيؤدى ذلك إلى انقراض النوع من الوجود. | - ضرورية لاستمرار حياة الفرد.<br>- تؤمن بقاء الأفراد. |
| نتيجة توقفها (بالنسبة للفرد) | لا يهلك الفرد حتى لو أزيلت أعضاء التكاثر. | يهلك الفرد بسرعة. |
| توقيت إتمامها | بعد الوصول إلى حد معين من النمو يوجه الفرد لها معظم طاقته وسلوكه. | منذ بدء حياة الفرد وذلك لتوفير الطاقة اللازمة لاستمرار حياته. |

- ويتضح من المقارنة أن وظيفة التكاثر أقل أهمية من الوظائف الحيوية الأخرى لحياة الفرد ... فسر؟
لأن التكاثر لا يؤثر على استمرارية حياة الفرد، فالفرد لا يهلك حتى لو أزيلت أعضاء تكاثره حيث تعتمد عملية التكاثر على تأمين جميع الوظائف الحيوية الأخرى للكائن الحى وليس العكس.

## قدرات التكاثر بين الأحياء

تختلف باختلاف:

- **طبيعة حياة الكائن الحى وحجم المخاطر التى يتعرض لها.**
الأحياء الطفيلية كالديدان تنتج نسلاً أكثر مما تنتجه الكائنات الحرة كالإنسان ... علل؟
لتعويض الفاقد منها لكثرة المخاطر التى تتعرض لها وضمان بقاء النوع.

- **البيئة المحيطة.**
الأحياء المائية تنتج نسلاً أكثر مما تنتجه أقرانها على اليابسة ... علل؟
لتعويض الفاقد منها لكثرة مخاطر البيئة البحرية وضمان بقاء النوع.

- **درجة رقى الكائن الحى وطول عمره.**
الأحياء البدائية قصيرة العمر تنتج نسلاً أكثر مما تنتجه الأحياء المتقدمة طويلة العمر ... علل؟
لما تلقاه الأحياء المتقدمة من رعاية وحماية من الآباء.

وعمومًا فإن الأنواع والأفراد التى نراها حولنا فى الوقت الحاضر إنما تعبر عن:
- نجاح أسلافها فى التكاثر.
- تخطى المصاعب التى واجهتها عبر الأجيال المتلاحقة.

بعكس العديد من الكائنات المنقرضة التى لم تنجح فى الاستمرار حتى الآن.

**مثال:** الديناصورات وغيرها من الزواحف العملاقة التى لم يتواصل تكاثرها، وأصبحت فى سجل التاريخ الجيولوجى ومثلها الكثير فى عالم الحيوان والنبات.

**علل لما يأتى:**

١ انقراض الديناصورات وبعض الزواحف العملاقة.
بسبب عدم نجاح أسلافها فى إتمام عملية التكاثر أو تخطى المصاعب التى واجهتها عبر الأجيال المتلاحقة.

٢ وفرة بعض الأنواع وندرة البعض الآخر حاليا.
لأن ذلك يتوقف على نجاح أسلافها فى إتمام عملية التكاثر وتخطى المصاعب التى واجهتها عبر الأجيال المتلاحقة وهو ما يؤدى إلى وفرتها والعكس صحيح.

## مقارنة بين الانقسام الميوزى والانقسام الميتوزى

| وجه المقارنة | الانقسام الميوزى | الانقسام الميتوزى |
|---|---|---|
| مكان الحدوث | الخلايا التناسلية (المناسل). | الخلايا الجسدية. |
| أهميته | اختزال عدد الصبغيات إلى النصف أثناء تكوين الأمشاج (ن) وعند اندماج المشيج المذكر (ن) مع المشيج المؤنث (ن) يعود العدد الأصلى للصبغيات (٢ن). | النمو والتئام الجروح وتعويض الأنسجة الممزقة أو المقطوعة حيث يكون عدد الصبغيات فى الخلايا الجديدة مماثلا لعدد الصبغيات فى الخلايا الأصلية (٢ن). |
| نتائج الانقسام | أربع خلايا بكل منها نصف عدد الصبغيات (ن). | خليتين بكل منهما نفس عدد الصبغيات (ن) أو (٢ن). |
| التوضيح بالرسم | ٢ن ← ن، ن ؛ ن ← ن، ن ؛ ن ← ن، ن | ٢ن ← ٢ن، ٢ن أو ن ← ن، ن |
| نوع التكاثر المعتمد عليه | التكاثر الجنسى غالبًا. | التكاثر اللاجنسى غالبًا. |




# طرق التكاثر فى الكائنات الحية

- تكاثر لاجنسى
- تكاثر جنسى
- تعاقب أجيال: جنسى ولاجنسى معًا فى دورة حياة واحدة

## مقارنة بين التكاثر الجنسى والتكاثر اللاجنسى

| | التكاثر اللاجنسى | التكاثر الجنسى |
|---|---|---|
| عدد الأفراد | يتم من خلال فرد واحد. | يتم من خلال فردين مختلفين فى الجنس (ذكر وأنثى) أو فرد خنثى. |
| كيفية الحدوث | يتم بانفصال جزء من الجسم سواء خلية جرثومية أو مجموعة خلايا أو أنسجة ونموها إلى فرد كامل. | يتم باندماج المشيج المذكر مع المشيج المؤنث المناسب لنوعه لتكوين زيجوت ينقسم وينمو إلى جنين. |
| نوع الانقسام | يعتمد على الانقسام الميتوزى (غالبًا). | يعتمد على الانقسام الميوزى فى تكوين الأمشاج ثم الانقسام الميتوزى فى النمو. |
| التباين الوراثي | يحافظ على ثبات الصفات الوراثية. | يوفر تجديدًا مستمرًا وتنوعًا فى الصفات الوراثية للأجيال الناتجة. |
| شكل الفرد الناتج | يشبه الفرد الأصلى فى جميع صفاته حيث يتسلم المادة الوراثية من أب واحد. | يجمع بين صفات الأبوين حيث يتسلم المادة الوراثية من كلا الأبوين. |
| مواجهة ظروف البيئة | الأفراد الناتجة أقل تكيفاً مع ظروف البيئة المتغيرة، فإذا حدث تغير فى البيئة يتعرض معظم النسل الناتج للهلاك ما لم تكن الآباء قد تأقلمت مع ذلك التغير. | الأفراد الناتجة أكثر تكيفًا مع ظروف البيئة المتغيرة. |
| التكلفة | - غير مكلف فى الوقت والطاقة.<br>- غير مكلف بيولوجيًا حيث تكون جميع الأفراد قادرة على إنتاج أفراد جديدة. | - مكلف فى الوقت والطاقة.<br>- مكلف بيولوجيًا حيث يقتصر الإنجاب على نصف عدد الأفراد فقط وهو الإناث. |
| الصور | الانشطار الثنائى ، التبرعم ، التجدد ، التكاثر بالجراثيم ،التوالد البكرى ، زراعة الأنسجة. | الاقتران ، التكاثر بالأمشاج الجنسية. |
| العدد | وفرة النسل. | محدود. |
| الشيوع | - شائع فى عالم النبات.<br>- يقتصر وجودها على بعض الأنواع البدائية فى عالم الحيوان. | - شائع فى معظم النباتات.<br>- شائع فى معظم الحيوانات الراقية. |

## أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتى:

١ يعتمد التكاثر اللاجنسى على الانقسام الميتوزى بينما يعتمد التكاثر الجنسى على الانقسام الميوزى فى تكوين الأمشاج.

لأنه فى الانقسام الميتوزى يكون عدد الصبغيات فى خلايا الأفراد الجديدة مماثلاً لعدد الصبغيات فى خلايا الكائن الأصلى ، بينما فى الانقسام الميوزى يختزل عدد الصبغيات إلى النصف وعند الإخصاب يندمج المشيج المذكر (ن) مع المشيج المؤنث (ن) ليعود العدد الأصلى للصبغيات (٢ن).

٢ تقل قدرة التكيف مع البيئة للأفراد التى تتكاثر لاجنسيًا.
يعتبر ثبات التركيب الوراثى للأجيال التالية أخطر عيوب التكاثر اللاجنسى.

حيث إن الأفراد الناتجة من التكاثر اللاجنسى تشبه الفرد الأصلى الذى نتجت عنه تمامًا فى جميع صفاته الوراثية حيث تتسلم مادتها الوراثية من فرد أبوى واحد فقط مما يُعرض النسل الناتج للهلاك إذا حدث تغير فى تلك البيئة ما لم تكن الآباء قد تأقلمت مع ذلك التغير.

٣ يتم التكاثر اللاجنسى بفرد واحد فقط.

حيث إن التكاثر اللاجنسى يتم بانفصال جزء من الجسم سواء خلية جرثومية أو مجموعة خلايا أو أنسجة من فرد واحد ثم تنقسم ميتوزيًا لتعطى أفراد جديدة تشبه الفرد الأصلى الذى انفصلت عنه تمامًا ولا يتطلب ذلك وجود أمشاج.

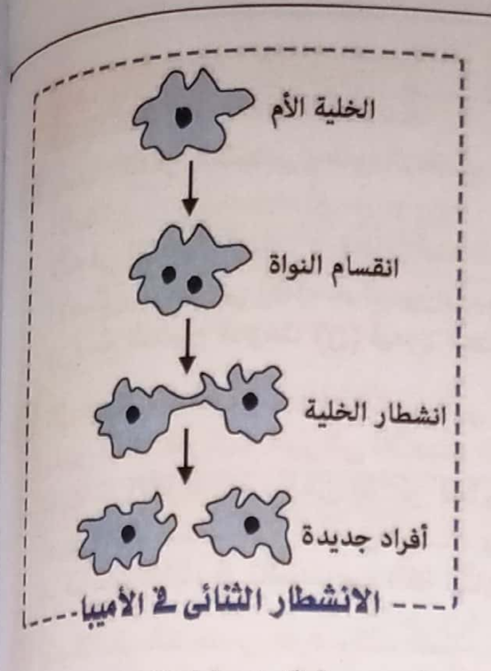
٤ التكاثر الجنسى مكلف فى الوقت والطاقة عن التكاثر اللاجنسى.

- يتم عادة بعد مدة من عمر الكائن الحى ويتطلب أحيانًا إعدادًا خاصًا من الأبوين قبل التزاوج (منزل - عش - جحر).
- قد يتبادل الأبوان حراسة البيض ورعاية الأبناء حتى تكبر.
- بعض الأنواع تتحمل مشقة كبيرة عند الاحتفاظ بالأجنة فى بطونها حتى تتكون وتولد وذلك فى سبيل حماية أبنائها.
- قد تبقى الأبناء مع آبائها فى حياة اجتماعية من أجل المزيد من الحماية وتعلم الكثير من السلوك.
- مكلف بيولوجيًا بسبب اقتصار الإنجاب على نصف أفراد النوع وهو الإناث.

## أولاً التكاثر اللاجنسي Asexual Reproduction



## أ الانشطار الثنائى Binary Fission




الانشطار الثنائى فى الأميبا

يعتبر الانشطار الثنائى أبسط صور التكاثر اللاجنسى.

**تتكاثر بواسطته:**

- كثير من الأوليات الحيوانية كـ الأميبا والبراميسيوم.

بالإضافة إلى:

- الطحالب البسيطة.
- البكتريا.

**كيفية حدوثه:**

### ١ فى الظروف المناسبة

**أمثلة للظروف المناسبة:** حرارة معتدلة - مياه صافية ونقية.. إلخ.

١ تنقسم النواة ميتوزيًا إلى نواتين.

٢ تنشطر الخلية التى تمثل جسم الكائن الحى إلى خليتين متماثلتين فى الحجم فيصبح كلاً منهما فردًا جديدًا.

### ٢ فى الظروف غير المناسبة

**أمثلة للظروف غير المناسبة:** تغير درجة الحرارة - الجفاف - تغير الملوحة - تغير نقاوة الماء.. إلخ.

١ تفرز الأميبا حول نفسها غلافًا كيتينيًا (حوصلة) ... **علل؟** ؛ لحمايتها من الظروف غير المناسبة.

٢ تنقسم الأميبا داخل الغلاف بالانشطار الثنائى المتكرر (انقسام ميتوزى) ... **علل؟** ؛ لتنتج عدد كبير من الأميبات الصغيرة.

٣ تتحرر الأميبات الصغيرة من الحوصلة فور تحسن الظروف المحيطة.

**ملحوظات**

- يعرف تكاثر الأميبا بالانشطار الثنائى المتكرر فى الظروف غير المناسبة بالتحوصل.
- إذا انقسمت خلية أميبا فى ظروف غير مناسبة داخل الغلاف الكيتينى عدة مرات متتالية.. فإن عدد الأميبات المتحررة من الحوصلة فور تحسن الظروف المحيطة = ٢عدد الانقسامات.
- لا تعانى الأميبا من الشيخوخة ولا تظهر فيها ظاهرة الخلود ... **علل؟**
لأن الأميبا تتكاثر لا جنسيًا بالانشطار الثنائى فى الظروف المناسبة وغير المناسبة خلال فترة زمنية وجيزة جدًا لتنتج أفرادًا لها نفس الحجم ومتماثلة فى عدد الصبغيات بينما يتلاشى الفرد الأبوى تمامًا ويختفى فلا يعانى من الشيخوخة.

**للاطلاع فقط**

يوصى الخبراء بضرورة تكرار غلى اللبن قبل استعماله وليس تسخينه فقط ... **فسر؟**
لأن اللبن يحتوى على بكتيريا حمض اللاكتيك التى تتكاثر لا جنسيًا بالانشطار الثنائى وعند تسخين اللبن فقط (ظرف غير مناسب) تحيط البكتيريا نفسها بغلاف كيتينى لحمايتها وتنقسم داخله عدة مرات بالانشطار الثنائى المتكرر لتنتج عدد أكبر فتتحرر منها فور تحسن الظروف وبذلك يزداد عددها، أما عند غليه لا تتحمل البكتيريا درجات الحرارة المرتفعة جدًا فتموت و يقل عددها و لا يتخثر اللبن.

## ب التبرعم Budding

**تتكاثر بواسطته:**

- كائنات وحيدة الخلية مثل فطر الخميرة.
- كائنات عديدة الخلايا مثل الهيدرا والإسفنج.

### مقارنة بين التبرعم فى الكائنات وحيدة الخلية والتبرعم فى الكائنات عديدة الخلايا:

| التبرعم فى الكائنات وحيدة الخلية | التبرعم فى الكائنات عديدة الخلايا |
|---|---|
| ١ ينشأ البرعم كبروز جانبى على الخلية الأم. | ١ ينشأ البرعم كبروز صغير من أحد جوانب الجسم. |
| ٢ تتقسم النواة ميتوزيًا إلى نواتين تبقى إحداهما فى الخلية الأم و تهاجر الثانية نحو البرعم. | ٢ تتقسم الخلايا البينية ميتوزيًا فى الكائن الحى وتتمايز إلى برعم. |
| ٣ ينمو البرعم تدريجيًا ثم قد:<br>○ يبقى متصلاً بالخلية الأم حتى يكتمل نموه ثم ينفصل عنها.<br>○ يستمر فى اتصاله بالخلية الأم مكونًا مع غيره من البراعم النامية مستعمرات خلوية. | ٣ ينمو البرعم تدريجيًا ليشبه الأم تمامًا ثم ينفصل عنها ليبدأ حياته مستقلاً. |
| **مثال:** فطر الخميرة. | **مثال:** الهيدرا والإسفنج. |
| الخلية الأم ← نمو البرعم ← انقسام النواة ← انفصال البرعم عن الخلية الأم<br>**التبرعم فى فطر الخميرة** | الفرد الأم ← برعم ← فرد جديد<br>**التبرعم فى الهيدرا** |

### - مما سبق يمكن عقد مقارنة بين الانشطار الثنائى والتبرعم كالتالى:

| الانشطار الثنائى | التبرعم |
|---|---|
| - يحدث فى الكائنات وحيدة الخلية فقط. | - يحدث فى بعض الكائنات الحية وحيدة الخلية و الكائنات متعددة الخلايا. |
| - الفرد الأبوى يتلاشى بالانشطار. | - الفرد الأبوى يظل موجود بعد حدوث التبرعم. |
| - حجم الأفراد الناتجة عنه متساو. | - حجم الأفراد الناتجة عنه غير متساو. |

**ملحوظة**

لا يعتبر التبرعم فى الخميرة انشطارًا ثنائيًا ... **علل ؟**
لأن فى الخميرة يكون حجم الأفراد الناتجة غير متساو والفرد الأبوى لا يختفى تمامًا بعد التبرعم ويظل موجودًا، بينما فى الانشطار الثنائى يكون حجم الأفراد الناتجة عنه متساو ويختفى الفرد الأبوى تمامًا ويتلاشى بعد الانشطار.

**أجب عما يأتي:**

قام أحد الطلاب بتجربة عملية لتوضيح إحدى طرق التكاثر اللاجنسى لكائن وحيد الخلية وقام بتسجيل البيانات كما بالشكل. هل من المتوقع أن يكون هذا الكائن أميبا أم فطر الخميرة ؟ مع التفسير، وحدد طريقة التكاثر اللاجنسى.



**الإجابة:-**

- فطر الخميرة؛ لأن حجم الأفراد الناتجة عن تكاثره يكون غير متساو.
- يتكاثر لاجنسيًا بالتبرعم.

## جـ التجدد Regeneration

**تتكاثر بواسطته:**

- كثير من النباتات.
- بعض الديدان المفلطحة التى تعيش فى المياه العذب كـ دودة البلاناريا.
- بعض الحيوانات كـ الهيدرا والإسفنج ونجم البحر.

**- الفرق بين التكاثر بالتجدد والتجدد:**

- **التكاثر بالتجدد:** قدرة الجزء المقطوع على الانقسام ميتوزيًا مكونًا فرد كامل جديد مستقل.
- **التجدد:** قدرة الفرد على تعويض الأجزاء المقطوعة منه بالانقسام الميتوزى عند التعرض لحادث أو تمزق فى الأنسجة ولا يعتبر تكاثر.

- تقل القدرة على التجدد برقى الكائن الحى ... **فسر؟**

حيث يحدث ذلك في:

**بعض القشريات والبرمائيات:** يقتصر التجدد على استعاضة الأجزاء المبتورة فقط.

**الفقاريات العليا:** يقتصر التجدد على التئام الجروح وخاصةً إذا كانت محدودة فى الجلد والأوعية الدموية والعضلات.

- يتكاثر بالتجدد بعض الحيوانات، **مثل:**

| الهيدرا | دودة البلاناريا | نجم البحر |
|---|---|---|
| إذا قطعت لعدة أجزاء فى مستوى عرضى ينمو كل جزء إلى فرد كامل مستقل. | إذ قطعت لعدة أجزاء فى مستوى عرضى أو لجزئين طوليًا ينمو كل جزء إلى فرد كامل مستقل. | إذا قطع أحد أذرع نجم البحر مع قطعة من قرصه الوسطى ينمو إلى فرد كامل مستقل فى فترة وجيزة. |

**ملحوظة**

عدد أذرع نجم البحر = ٥



## ملاحظات

يحرص مربو محار اللؤلؤ على حرق نجوم البحر التى يجدونها على الشاطئ ... **فسر؟**
لأن هذا النوع من نجوم البحر يشكل خطرًا على محار اللؤلؤ إذ يستطيع النجم الواحد أن يفترس حوالى عشر محارات يوميًا بما تحمله من لؤلؤ بين ثناياها، لذا لجأ مربو المحار إلى حرق نجوم البحر بعد معرفتهم أن تمزيقها يعمل على تكاثرها حيث إن أحد أذرع نجم البحر إذا قطع مع قطعة من قرصه الوسطى يمكن أن يتجدد إلى نجم بحر كامل فى فترة زمنية وجيزة.

## أسئلة متنوعة:

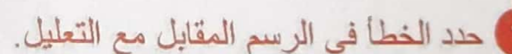
١ فسر: قد يتم قطع أحد أذرع نجم البحر ومع ذلك لا يتكون فرد جديد.
لعدم احتواء الجزء المقطوع لنجم البحر على قطعة من القرص الوسطى حيث يشترط لتكاثر نجم البحر لاجنسيًا بالتجدد أن يحتوى الذراع المقطوع على جزء من القرص الوسطى حتى ينمو إلى فرد كامل مستقل.

٢ كيف يمكن الحصول على أكبر عدد وأقل عدد من ديدان البلاناريا من دودة واحدة فقط ؟
- الحصول على أكبر عدد: يتم قطع دودة البلاناريا إلى عدة أجزاء فى مستوى عرضى فينمو كل جزء منها إلى فرد كامل جديد مستقل عن طريق التكاثر اللاجنسى بالتجدد.
- الحصول على أقل عدد: يتم قطع دودة البلاناريا إلى جزئين طوليًا فينمو كل جزء منهما إلى فرد جديد كامل مستقل عن طريق التكاثر اللاجنسى بالتجدد.

٣ كيف يمكن الحصول على أكبر عدد ممكن من نجوم البحر من نجم واحد فقط ؟ وكم عددها ؟
- يتم قطع أذرع نجم البحر الخمسة بحيث يحتوى كل ذراع مقطوع على قطعه من قرصه الوسطى فينمو كل ذراع منها إلى فرد كامل مستقل عن طريق التكاثر اللاجنسى بالتجدد.
- أقصى عدد منها يبلغ ٥ نجوم بحر.

٤ كم عدد المحارات التى يفترسها نجم البحر خلال شهر يوليو ؟
عدد المحارات = ١٠ × عدد أيام شهر يوليو = ١٠ × ٣١ = ٣١٠ محار لؤلؤ.

٥ حدد الخطأ فى الرسم المقابل واكتب الصواب.




الخطـأ: تم تقطيع دودة البلاناريا طوليًا إلى عدة أجزاء فنما كل جزء منها إلى فرد كامل مستقل.
الصواب: يتم تقطيع دودة البلاناريا طوليًا إلى جزئين فقط أو عرضيًا إلى عدة أجزاء فينمو كل جزء إلى فرد كامل مستقل بالتجدد.

٦ حدد الخطأ فى الرسم المقابل مع التعليل.




الخطأ: تم قطع أحد أذرع نجم البحر فقط بدون قطعة من قرصه الوسطى ومع ذلك نما إلى فرد كامل مستقل.
التعليل: لأنه لكى ينمو أحد أذرع نجم البحر إلى فرد كامل مستقل يجب أن يقطع مع قطعة من قرصه الوسطى.

## د التكاثر بالجراثيم Sporogony

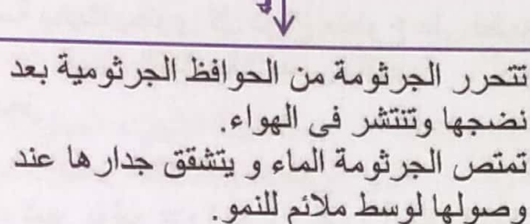
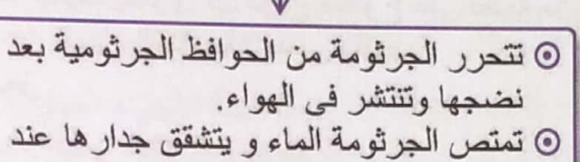
**حدوثه / كيفية:** يتم من خلال خلايا وحيدة متحورة للنمو مباشرة إلى أفراد كاملة عندما تتواجد فى وسط غذائى مناسب للنمو وتسمى (الجراثيم) تتركب من سيتوبلازم به كمية ضئيلة من الماء ونواة تحاط بجدار سميك.



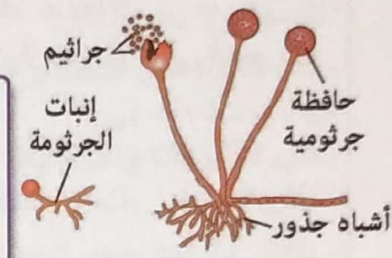

**مميزاته:**
- سرعة الإنتاج.
- تحمل الظروف القاسية؛ بسبب وجود جدار سميك للجرثومة.
- الانتشار لمسافات بعيدة.

**تتكاثر بواسطته:**
- بعض النباتات البدائية.
- كثير من الفطريات مثل عفن الخبز وعيش الغراب.
- بعض الطحالب والسراخس مثل كزبرة البئر والفوجير.
- جزء من دورة حياة بلازموديوم الملاريا.

**مراحله:**

- تتحرر الجرثومة من الحوافظ الجرثومية بعد نضجها وتنتشر فى الهواء.
- تمتص الجرثومة الماء و يتشقق جدارها عند وصولها لوسط ملائم للنمو.
- تنقسم الجرثومة عدة مرات ميتوزيًا حتى تنمو إلى فرد جديد.




التكاثر بالجراثيم في فطر عفن الخبز

التكاثر بالجراثيم في فطر عيش الغراب

### ملاحظات

- تنتج جراثيم فطر عفن الخبز وعيش الغراب بـ الانقسام الميتوزى.
- يتواجد فطر عفن الخبز فى مختلف البيئات ... **فسر؟**
  لأنه من الكائنات التى تتكاثر لاجنسيًا بالجراثيم التى تتميز بسرعة التكاثر والانتشار لمسافات بعيدة ويتحمل الظروف القاسية بفضل الجدار السميك المحيط بالجراثيم.
- يمكن حفظ الخبز من العفن بوضعه فى مكان جاف ... **فسر؟**
  لأنه يلزم لإنبات جراثيم عفن الخبز أن تسقط على تربة رطبة حتى تمتص الماء ويتشقق جدارها ثم تنقسم ميتوزيًا عدة مرات لإنتاج أفراد جديدة ولا يمكن أن تتم عملية الإنبات فى وسط جاف لا يحتوى على الماء وبذلك يتم الحفاظ على الخبز من العفن.



## هـ التوالد البكرى Parthenogenesis

**التوالد البكرى**

قدرة البويضة على النمو لتكوين فرد جديد بدون إخصاب من المشيج الذكرى.

* يعد التوالد البكرى نوع خاص من التكاثر اللاجنسى ... **فسر؟**
حيث يتم إنتاج الأبناء فيه من فرد أبوى واحد فقط ينتج عن المشيج المؤنث.
* يتم التوالد البكرى فى عدد من الديدان والقشريات والحشرات وأشهرها نحل العسل وحشرة المن.
* يحدث طبيعيًا أو صناعيًا.

### - مقارنة بين التوالد البكرى الطبيعى والتوالد البكرى الصناعى:

| التوالد البكرى الطبيعى | التوالد البكرى الصناعى |
|---|---|
| نمو البويضات طبيعيًا بدون إخصاب من المشيج الذكرى لتكوين أفراد جديدة قد تكون أحادية المجموعة (ن) الصبغية أو ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن).<br>**مثال:** نحل العسل - حشرة المن. | أمكن تنشيط بويضات نجم البحر والضفدعة صناعيًا بواسطة صدمة حرارية أو كهربائية أو بالإشعاع أو ببعض الأملاح أو بالرج أو بالوخز بالإبر فتتضاعف صبغياتها بدون إخصاب مكونة أفرادًا تشبه الأم تمامًا (إناث) ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن)، كما تكونت أجنة مبكرة من بويضات الأرانب باستخدام منشطات مماثلة.<br>**مثال:** الضفدعة - نجم البحر - الأرانب. |

### - مقارنة بين التكاثر فى نحل العسل والتكاثر فى حشرة المن:

| | التكاثر فى نحل العسل | التكاثر فى حشرة المن |
|---|---|---|
| التكاثر اللاجنسى | يتكاثر لاجنسيًا بالتوالد البكرى الطبيعى حيث تنتج الملكة بيضًا بالانقسام الميوزى (ن) وينمو بدون إخصاب من المشيج الذكرى لتكوين ذكور أحادية المجموعة الصبغية (ن) فقط. | تتكاثر لاجنسيًا بالتوالد البكرى الطبيعى حيث تنتج الإناث البويضات (٢ن) بالانقسام الميتوزى ينمو بدون إخصاب من المشيج الذكرى لتكوين إناث ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) فقط. |
| التكاثر الجنسى | يتكاثر جنسيًا بالأمشاج حيث تنتج الملكة بيضًا بالانقسام الميوزى (ن) ينمو بعد الإخصاب لتكوين إناث فقط ملكة أو شغالات (وذلك حسب نوع الغذاء) ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن). | يتكاثر جنسيًا بالأمشاج حيث تنتج الإناث البويضات (ن) بالانقسام الميوزى تنمو بعد الإخصاب من المشيج الذكرى (ن) لتكوين ذكور وإناث ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن). |
| رسم توضيحى | إناث النحل (الملكة) (٢ن) ← انقسام ميوزى ← البيض (ن) ← توالد بكرى تكاثر لاجنسى ← الأفراد الناتجة (ن) ذكور؛ (ن) ← إخصاب تكاثر جنسى ← (٢ن) إناث | إناث المن (٢ن) ← انقسام ميتوزى ← البيض (٢ن) ← توالد بكرى تكاثر لاجنسى ← الأفراد الناتجة (٢ن) إناث؛ انقسام ميوزى ← (ن) ← إخصاب تكاثر جنسى ← (٢ن) ذكور وإناث |

## فسر ما يأتى:

١ تتكون الحيوانات المنوية فى ذكر النحل بالانقسام الميتوزى وليس الميوزى.
لأن ذكور نحل العسل تكون أحادية المجموعة الصبغية (ن) حيث تنتج من نمو البيض (ن) بالتوالد البكرى الطبيعى دون إخصاب لذلك تتكون الحيوانات المنوية (ن) بالانقسام الميتوزى وليس الميوزى؛ لأن الانقسام الميتوزى يعطى نفس العدد من الصبغيات.

٢ ينتج الفرد من توالد بكرى ومع ذلك يكون ثنائى المجموعة الصبغية (٢ن).
- إذا تكونت البويضة عن طريق الانقسام الميتوزى تنمو إلى أفراد ثنائية المجموعة الصبغية مباشرة دون إخصاب كما فى حشرة المن (توالد بكرى طبيعى).
- إذا تم تنشيط البويضة بتعريضها لصدمة حرارية أو كهربية أو للإشعاع أو للرج أو الوخز بالإبر أو وضعها فى محلول ملحى تتضاعف الصبغيات دون إخصاب مكونة أفراد ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) تشبه الأم تمامًا فى جميع صفاتها كما فى الضفدعة ونجم البحر والأرنب (توالد بكرى صناعي).

٣ يختلف إنتاج الأمشاج فى الذكور عن الإناث فى حشرة نحل العسل.
لأن ذكور نحل العسل أحادية المجموعة الصبغية (ن) فتنتج أمشاجًا أحادية المجموعة الصبغية (ن) بالانقسام الميتوزى، بينما الإناث ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) فتنتج أمشاجًا أحادية المجموعة الصبغية (ن) بالانقسام الميوزى.

٤ يحدث التوالد البكرى فى المشيج المؤنث دون المشيج المذكر.
لأن المشيج المؤنث يختزن الغذاء اللازم لحدوث الانقسامات المتتالية اللازمة لتكوين فرد جديد بينما المشيج المذكر لا يختزن الغذاء لأن السيتوبلازم به قليل حيث يفقد معظمه أثناء تكوينه وبالتالى لا يكون صالحًا للانقسامات اللازمة للنمو.

## ما مدى صحة العبارة الآتية:

١ يتكاثر نجم البحر لاجنسيًا فقط ؟
عبارة غير صحيحة؛ لأن نجم البحر قد يتكاثر لا جنسيًا وجنسيا حيث:
- يضع بويضات بالانقسام الميوزى يتم إخصابها من الأمشاج المذكرة لتكوين أفراد جديدة ثنائية المجموعة الصبغية (تكاثر جنسى).
- يضع بيضًا يتم تنشيطه بواسطة تعريضه لصدمة حرارية أو كهربية أو إشعاع أو الوخز بالإبر أو الرج أو وضعها فى محلول ملحى فتتضاعف الصبغيات دون إخصاب مكونة أفراد ثنائية المجموعة الصبغية (٢ن) تشبه الأم تمامًا (تكاثر لاجنسى بالتوالد البكرى الصناعى).
- إذا تم قطع أحد أذرعه مع قطعة من القرص الوسطى ينمو كل ذراع إلى فرد جديد كامل مستقل (تكاثر لاجنسى بالتجدد).

٢ جميع صور التكاثر اللاجنسى غير مكلفة بيولوجيًا ؟
عبارة غير صحيحة؛ لأن التوالد البكرى يعتبر صورة من صور التكاثر اللاجنسى وهو مكلف بيولوجيًا حيث يتم إنتاج الأبناء فيه من فرد أبوى واحد فقط ينتج عن المشيج الأنثوى لذا تقتصر عملية الإنجاب على نصف عدد أفراد النوع فقط وهى الإناث.

## م زراعة الأنسجة Tissues Culture

### زراعة الأنسجة النباتية والحيوانية

إنماء نسيج حى تحتوى خلاياه على المعلومات الوراثية الكاملة فى وسط غذائى شبه طبيعى ثم متابعة تميز أنسجتها وتقدمها نحو إنتاج أفراد كاملة.

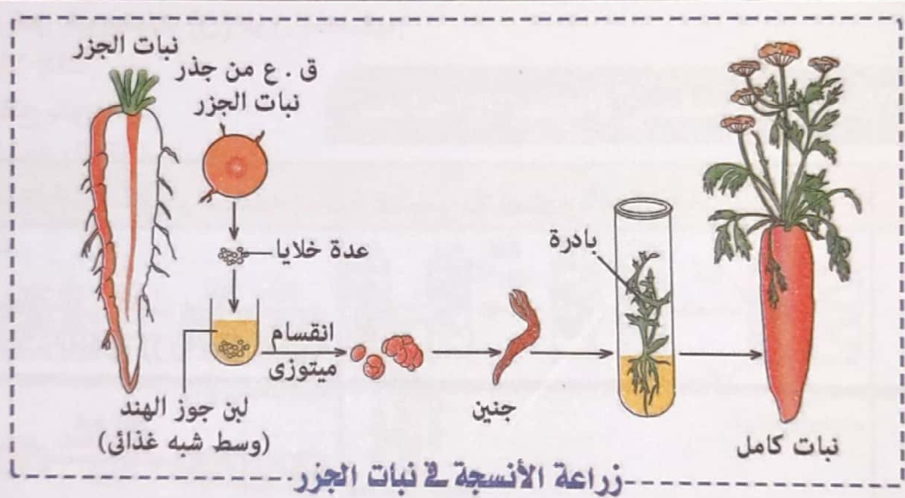
### الأساس العلمى الذى يبنى عليه فكرة زراعة الأنسجة النباتية:

الخلية النباتية المحتوية على المعلومات الوراثية الكاملة يمكنها أن تصبح نباتًا كاملا إذا زرعت فى وسط غذائى مناسب يحتوى على الهرمونات النباتية بنسب معينة كما فى نبات الجزر ونبات الطباق.

### شروط زراعة الأنسجة النباتية لإنتاج نباتات كاملة:

1. خلية تحتوى على المعلومات الوراثية الكاملة (٢ن).
2. وسط غذائى يحتوى على هرمونات نباتية وعناصر غذائية، مثل: لبن جوز الهند.

| نبات الجزر | نبات الطباق |
|---|---|
| ⊙ تم فصل أجزاء صغيرة من جذر نبات الجزر فى أنابيب زجاجية تحتوى على لبن جوز الهند الذى يحتوى على جميع الهرمونات النباتية والعناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات فبدأت فى النمو والتمايز إلى نبات جزر كامل.<br>⊙ تم فصل خلايا منفردة من نفس أنسجة النبات وزراعتها بنفس الطريقة للحصول على نبات كامل. | ⊙ تم فصل خلايا من أوراق الطباق وزراعتها بنفس الطريقة السابقة فأمكن الحصول على نبات طباق كامل. |



زراعة الأنسجة فى نبات الجزر

### - أهمية زراعة الأنسجة:

1. إكثار نباتات نادرة أو ذات سلالات ممتازة أو أكثر مقاومة للأمراض.
2. اختصار الوقت اللازم لنمو المحاصيل المنتجة وإكثارها.
3. تقدم حلولا لمشاكل الغذاء بشكل عام.
4. التحكم فى ميعاد زراعة الأنسجة حيث أمكن حفظ الأنسجة المختارة للزراعة فى نيتروجين سائل لتبريدها لمدة طويلة للإبقاء على حيويتها لحين زراعتها.

## ماذا يحدث فى الحالات التالية؟

➢ زراعة حبة لقاح خاصة بزهرة نبات الفول فى لبن جوز الهند؟
لن تنمو إلى نبات كامل؛ لعدم احتواء حبة اللقاح على المعلومات الوراثية الكاملة اللازمة للنمو.

➢ زراعة بذرة خاصة بنبات الفول فى لبن جوز الهند؟
تنمو إلى نبات كامل؛ لاحتواء البذرة على المعلومات الوراثية الكاملة اللازمة للنمو.

➢ زراعة ورقة نبات الفول فى لبن بقرى؟
لن تنمو إلى نبات كامل؛ لعدم احتواء اللبن البقرى على الهرمونات النباتية والعناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات.

➢ زراعة ورقة نبات الفول فى تربة رطبة أو ماء؟
لن تنمو إلى نبات كامل؛ لعدم احتواء التربة على الهرمونات النباتية والعناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات.

## فسر ما يأتى:

١ تحفظ الأنسجة النباتية فى النيتروجين السائل ولا تحفظ فى المبردات.
لتبريدها لمدة طويلة للإبقاء على حيويتها لحين زراعتها وبالتالى يمكن حفظ الأنسجة النباتية المختارة للزراعة والتحكم فى ميعاد زراعتها.

٢ صعوبة زراعة الأنسجة الحيوانية.
بسبب صعوبة الحصول على وسط غذائى شبه طبيعى يحتوى على جميع العناصر الغذائية والهرمونات الحيوانية اللازمة لنمو الأنسجة الحيوانية وتمايزها نحو إنتاج أفراد كاملة.

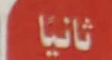
## اذكر مثالاً لـ:

١
- ذكر ينتج من نمو البويضات (ن) دون إخصاب.
- ذكر لا ينتج إلا إناث.
- ذكر حيوان ينتج بدون أب.
- ذكر ينتج أمشاجه بالانقسام الميتوزى.
- ذكر كل من خلاياه الجسدية والجنسية أحادية المجموعة الصبغية.

ذكر نحل العسل.

٢ تحويل خلية جسمية لفرد كامل مباشرة.
نبات الجزر ونبات الطباق (زراعة الأنسجة).

# التكاثر الجنسى



## ثانيًا التكاثر الجنسى Sexual Reproduction




التكاثر الجنسى



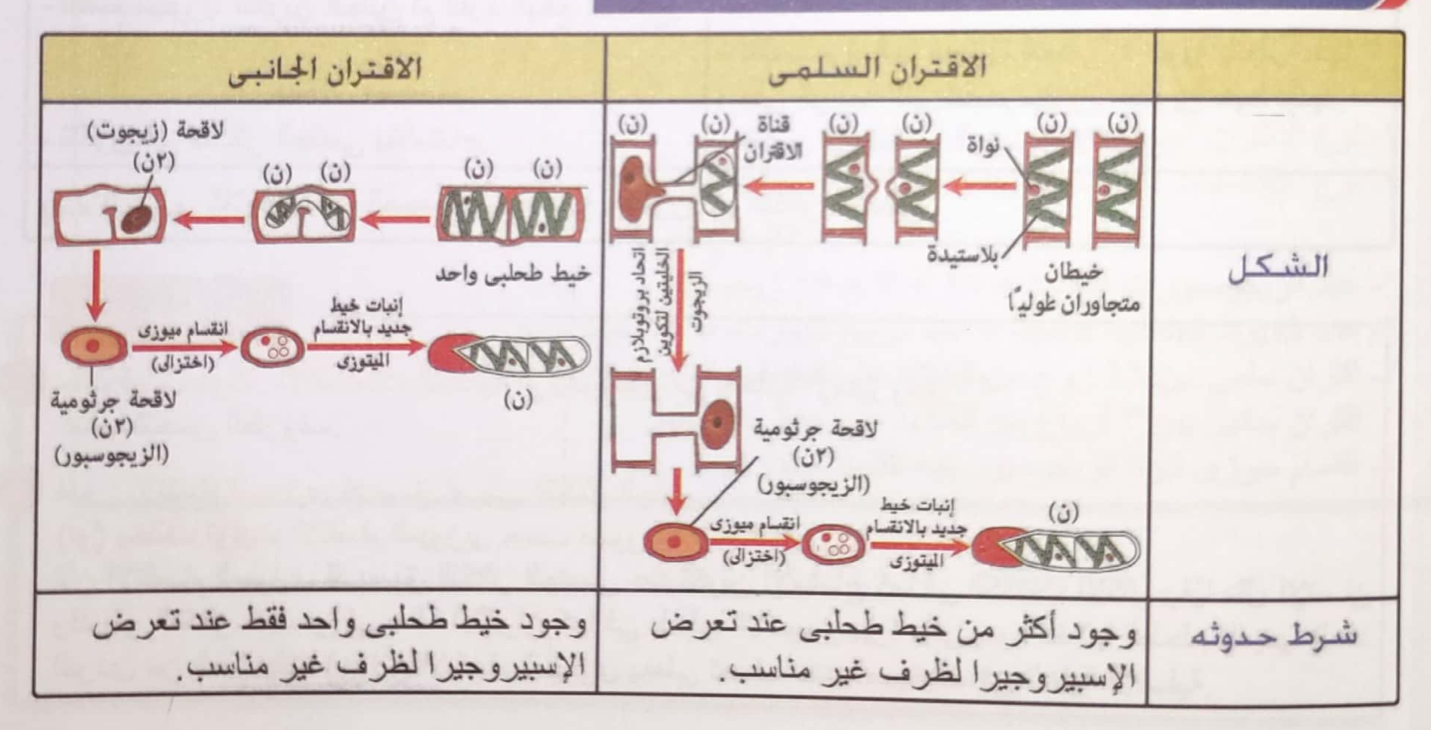

### أ الاقتران Conjugation

- تتكاثر معظم الكائنات البدائية كبعض الأوليات والطحالب، مثل: الإسبيروجيرا والفطريات بطريقتين مختلفتين:
- لا جنسيًا بالانقسام الميتوزى: فى الظروف المناسبة مثل وفرة الماء و ملائمة الحرارة.
- جنسيًا بالاقتـران: فى الظروف غير المناسبة كتعرضها للجفاف أو تغير درجة حرارة الماء أو نقاوته.

### الاقتران فى طحلب الإسبيروجيرا

- يعرف طحلب الاسبيروجيرا بـالريم الأخضر، وينتشر فى المياه الراكدة، وهو عبارة عن خيوط يتكون كل منها من صف واحد من الخلايا.
- يلجأ طحلب الإسبيروجيرا إلى الاقتران (فى الظروف غير المناسبة) والاقتران نوعان، هما:
  - الاقتران السلمى.
  - الاقتران الجانبى.

### مقارنة بين الاقتران السلمى والاقتران الجانبى




| | الاقتران السلمى | الاقتران الجانبى |
| --- | --- | --- |
| الشكل | | |
| شرط حدوثه | وجود أكثر من خيط طحلبى عند تعرض الإسبيروجيرا لظرف غير مناسب. | وجود خيط طحلبى واحد فقط عند تعرض الإسبيروجيرا لظرف غير مناسب. |

| موضع حدوثه | يحدث بين الخلايا المتقابلة فى خيطين طحلبين متجاورين طوليًا. | يحدث بين خليتين متجاورتين فى نفس الخيط الطحلبى. |
|---|---|---|
| كيفية حدوثه | ١- يتجاور خيطان طوليًا.<br>٢- تنمو نتوءات للداخل بين بعض أزواج الخلايا المتقابلة حتى يتلامسا ويزول الجدار الفاصل بينهما وتتكون قناة اقتران.<br>٣- تنتقل مكونات إحدى الخليتين إلى الخلية المقابلة لها من خلال قناة الاقتران مكونًا لاقحة (زيجوت) (٢ن). | تنتقل مكونات إحدى الخليتين (البروتوبلازم) إلى الخلية المجاورة لها على نفس الخيط الطحلبى من خلال فتحة فى الجدار الفاصل بينهما مكونًا لاقحة (زيجوت) (٢ن). |
| وجه الشبه | - تحاط الخلية بجدار سميك ... علل ؟ ؛ لحمايتها من الظروف غير الملائمة، وتسمى (لاقحة جرثومية) أو (زيجوسبور)، وتبقى ساكنة حتى تتحسن الظروف المحيطة.<br>- تنقسم نواة اللاقحة الجرثومية ميوزيًا لتكوين ٤ أنوية أحادية المجموعة الصبغية (ن) يتحلل منها ٣ أنوية وتبقى النواة الرابعة.<br>- تقسم النواة الرابعة ميتوزيًا لتكوّن خيط طحلبى جديد (ن). | |
| التنوع الوراثى للأفراد الناتجة | أكثر تنوعًا حيث تجمع بين صفات خيطين مختلفين. | أقل تنوعًا حيث تجمع بين صفات خيط طحلبى واحد فقط. |
| سهولة حدوثها | أصعب حدوثًا. | أكثر سهولة. |

## – أوجه الشبه والاختلاف بين اللاقحة واللاقحة الجرثومية "الزيجوسبور":

| اللاقحة | اللاقحة الجرثومية "الزيجوسبور" |
|---|---|
| - غير محاطة بجدار سميك.<br>- تنقسم ميتوزيًا لتكوين الجنين ثم الفرد اليافع الناضج.<br>- تتكون فى التكاثر الجنسى بالأمشاج. | - محاطة بجدار سميك لحمايتها من الظروف غير الملائمة.<br>- تنقسم نواتها ميوزيًا لتعطى ٤ أنوية يتحلل منها ٣ وتبقى الرابعة التى تنقسم ميتوزيًا لتكوين خيط جديد.<br>- تتكون فى التكاثر الجنسى بالاقتران. |
| **وجه الشبه:** كلاهما ثنائية المجموعة الصبغية وتتكون فى التكاثر الجنسى. | |

### أجب عما يأتي:

١ ما توقيت حدوث: الانقسامات المتتالية للزيجوسبور فى طحلب الإسبيروجيرا ؟
عندما تتحسن الظروف.

٢ فسر: الانقسام الميوزى قد يسبق أو يلى التكاثر الجنسى.
(أو) يختلف توقيت الانقسام الميوزى حسب صور التكاثر الجنسى.
لأن الانقسام الميوزى قد يسبق التكاثر الجنسى عند تكوين الأمشاج كما فى الكائنات الأكثر رقيًا مثل الإنسان وقد يلى التكاثر الجنسى فى حالة الاقتران كما فى طحلب الاسبيروجيرا حتى يعود لخلايا الطحلب الجديد العدد الفردى من الصبغيات (ن)لأن الانقسام الميوزى يعطى نصف عدد الصبغيات فى الخلية الأصلية.

## ما مدى صحة العبارة الآتية؟

١ الاقتران السلمى أفضل من الاقتران الجانبى.

صحيحة؛ لأن الاقتران السلمى يحدث بين الخلايا المتقابلة فى خيطين متجاورين طوليًا من الإسبيروجيرا فيكون الزيجوسبور الناتج يجمع بين صفات خيطين مختلفين وراثيًا فيكون أكثر قدرة على مواجهة تغيرات البيئة بينما الاقتران الجانبى يحدث بين خليتين متجاورتين على نفس الخيط (لهما نفس الصفات الوراثية) فيكون أقل تنوعًا وأقل قدرة على مسايرة تقلبات البيئة.

٢ الاقتران السلمى أسهل من الاقتران الجانبى.

غير صحيحة؛ لأن الاقتران السلمى يحدث بين الخلايا المتقابلة فى خيطين طحلبين متجاورين طوليًا حيث يتجاور خيطان طوليًا ثم تنمو نتوءات للداخل بين بعض أزواج الخلايا المتقابلة حتى يتلامسا ويزول الجدار الفاصل بينهما وتتكون قناة اقتران ثم تنتقل مكونات إحدى الخليتين إلى الخلية المقابلة لها من خلال قناة الاقتران مكونًا لاقحة (زيجوت) (٢ن)، بينما الاقتران الجانبى يحدث بين خليتين متجاورتين فى نفس الخيط الطحلبى حيث تنتقل مكونات إحدى الخليتين (البروتوبلازم) إلى الخلية المجاورة لها على نفس الخيط الطحلبى من خلال فتحة فى الجدار الفاصل بينهما مكونًا لاقحة (زيجوت) (٢ن).

٣ تتكاثر جميع الفطريات لاجنسيًا بالجراثيم فقط.

غير صحيحة؛ لأن الفطريات قد تتكاثر:

- **لاجنسيًا** فى الظروف المناسبة إما عن طريق:
  - الجراثيم: كما فى فطر عفن الخبز وفطر عيش الغراب.
  - التبرعم: كما فى فطر الخميرة.
- **جنسيًا** بالاقتران: فى الظروف غير المناسبة مثل تغير درجة الحرارة وتغير نقاوة المياه وغيرها.

## مسألة:

عند جفاف بركة يعيش بها خيطان من طحلب الإسبيروجيرا أحدهما يحتوى على ١٦ خلية و الأخر يحتوى على ٢٢ خلية. احسب:

١- عدد الزيجوسبورات الناتجة.
٢- عدد الخيوط الطحلبية الناتجة من الإنبات.
٣- نوع الاقتران الحادث.
٤- نوع الانقسامات التى تحدث بعد تحسن الظروف المحيطة.

**:الإجابة:**

١- عدد الزيجوسبورات الناتجة = ١٦ + ٣ = ١٩ زيجوسبور.
٢- عدد الخيوط الطحلبية الناتجة = عدد الزيجوسبورات = ١٩ خيط طحلبى.
٣- اقتران سلمى بين ١٦ زوج من الخلايا على الخيطين المتجاورين.
اقتران جانبى بين ٣ أزواج من الخلايا على خيط واحد فقط.
٤- انقسام ميوزى لنواة الزيجوسبور يليه انقسام ميتوزى.

## ب التكاثر بالأمشاج الجنسية

تتكاثر الأحياء النباتية والحيوانية المتقدمة بالأمشاج الجنسية المذكرة والأنثوية الناتجة عن انقسام ميوزى يتم فى المناسل (الأعضاء الجنسية).

**- مقارنة بين أنواع الأمشاج الجنسية:** (الأمشاج الذكرية - الأمشاج الأنثوية).

| | المشيج المذكر ♂ | المشيج المؤنث ♀ |
|---|---|---|
| عضو الإنتاج | تنتجه المناسل المذكرة (الخصية - المتك). | تنتجه المناسل المؤنثة (المبيض). |
| العدد | ينتج المشيج المذكر بأعداد كبيرة ... فسر؟ حيث إن كل خلية أولية تنتج أربعة أمشاج ذكرية وذلك لاحتمال فقد بعضها خلال رحلتها إلى المشيج الأنثوى. | ينتج المشيج المؤنث بأعداد قليلة ... فسر؟ حيث إن كل خلية أولية تنتج مشيج مؤنث واحد (بويضة) وثلاثة أجسام قطبية. |
| الوصف | الجسم مستدق قليل السيتوبلازم (حيث يفقد معظم السيتوبلازم أثناء تكوينه) | مستدير. |
| اختزان الغذاء | لا يختزن الغذاء. | يختزن الغذاء غالبًا. |
| الحركة | له القدرة على الحركة حيث يتزود الجسم بسوط أو ذيل (بالنسبة للحيوان أو الإنسان) حتى يستطيع الوصول للمشيج المؤنث. | يبقى ساكن عادةً فى جسم الأنثى حتى يتم الإخصاب (فى حالات التلقيح الداخلى). |
| الوظيفة | نقل المادة الوارثية إلى المشيج المؤنث فى عملية الإخصاب. | استقبال المادة الوارثية من المشيج المذكر. |

**ملحوظات**

- لا يختزن المشيج المذكر الغذاء ... علل؟
  لأنه قليل السيتوبلازم حيث يفقد معظمه أثناء تكوينه.
- جسم المشيج المذكر يكون متسقًا غالبًا ... علل؟
  لتقليل قوى الاحتكاك مع السوائل التى يلقاها أثناء حركته لضمان الوصول لمكان المشيج الأنثوي، كما أنه يسهل من عملية الاختراق للمشيج المؤنث حتى تتم عملية الإخصاب.

## التلقيح

**التلقيح**
انتقال المشيج الذكرى إلى المشيج الأنثوى.

يتم التلقيح حسب نوع الحيوان وبيئته، بإحدى الطريقتين التاليتين:

| تلقيح خارجي | تلقيح داخلي |
|---|---|
| - يتم فى معظم الحيوانات المائية كالأسماك العظمية والضفادع. | - تتم فى معظم الحيوانات التى تعيش على اليابسة مثل الزواحف والطيور والثدييات. |
| - يلقى كلا من الذكر والأنثى بأمشاجهما فى الماء فتنتقل الأمشاج عبر الماء ليتم الإخصاب وتكوين الجنين فى الماء. | - يتعين على الذكر إدخال الحيوانات المنوية داخل جسم الأنثى لتصل إلى البويضات ليتم الإخصاب و يتكون الجنين. |

## الإخصاب

**الإخصاب**

اندماج نواة المشيج الذكرى (ن) بنواة المشيج الأنثوى (ن) لتكوين اللاقحة (٢ن) التى تنقسم ميتوزيًا لتكوين الجنين.

**فكرة**

بركة ماء تعيش فيها كل من طحلب الإسبيروجيرا، والأميبا، وضفدعة.
حدد ماذا يحدث عند جفاف هذه البركة لكل منها؟

- **طحلب الإسبيروجيرا:** يتكاثر جنسيًا بالاقتران (سلمى أو جانبي) لتكوين زيجوسبور تنقسم نواته ميوزيًا فور تحسن الظروف المحيطة إلى أربعة أنوية يتحلل منها ٣ وتبقى النواة الرابعة لتتقسم ميتوزيًا لإنبات خيط طحلبى جديد.
- **أميبا:** تفرز حول جسمها غلافًا كيتينيًا؛ لحمايتها وتنقسم داخل الحوصلة عدة مرات بالانشطار الثنائى المتكرر لتعطى عدة أميبات صغيرة تتحرر منها فور تحسن الظروف المحيطة.
- **الضفدعة:** تتوقف عن التكاثر الجنسي؛ لأن التلقيح والإخصاب فيها يكون خارجي ويحتاج لوسط مائى.

## ظاهرة تعاقب الأجيال Alternation of Generation

**ظاهرة تعاقب الأجيال**

ظاهرة تعاقب "توالي" جيلين أو أكثر جيل يتكاثر جنسيًا مع جيل أو أكثر يتكاثر لا جنسيًا فى نفس دورة حياة الكائن الحى.

### تتكاثر بواسطتها:

- بعض الأنواع النباتية مثل السرخسيات (كزبرة البئر-الفوجير).
- بعض الأنواع الحيوانية مثل بلازموديوم الملاريا.
- تلجأ بعض الأنواع إلى التكاثر الجنسى واللاجنسى فى نفس دورة الحياة (تعاقب الأجيال) ... **علل ؟** حتى تجنى مميزاتها معًا فـ:
  - **التكاثر اللاجنسى** يحقق سرعة التكاثر ووفرة النسل.
  - **التكاثر الجنسى** يحقق التنوع الوراثى والانتشار ومسايرة تقلبات البيئة وتباين المحتوى الصبغى لخلايا تلك الأجيال المتعاقبة.

### مقارنة بين تعاقب الأجيال النموذجي وغير النموذجي:

| تعاقب الأجيال النموذجي | تعاقب الأجيال غير النموذجي |
|---|---|
| - ظاهرة تعاقب (توالى) جيلين فى دورة حياة الكائن الحى جيل يتكاثر جنسيًا مع جيل يتكاثر لاجنسيًا. | - ظاهرة تعاقب أكثر من جيل فى دورة حياة الكائن الحى جيل يتكاثر جنسيًا مع أكثر من جيل يتكاثر لاجنسيًا. |
| - عدد مرات التكاثر الجنسى يساوى عد مرات التكاثر اللاجنسى. | - عدد مرات التكاثر اللاجنسى أكبر من عدد مرات التكاثر الجنسى. |
| - كما فى: السراخس (كزبرة البئر - الفوجير). | - كما فى: بلازموديوم الملاريا. |

فكرة

حدد ٦ كائنات تتكاثر جنسيًا ولاجنسيًا ولا يعتبر تعاقب أجيال، مع التفسير.

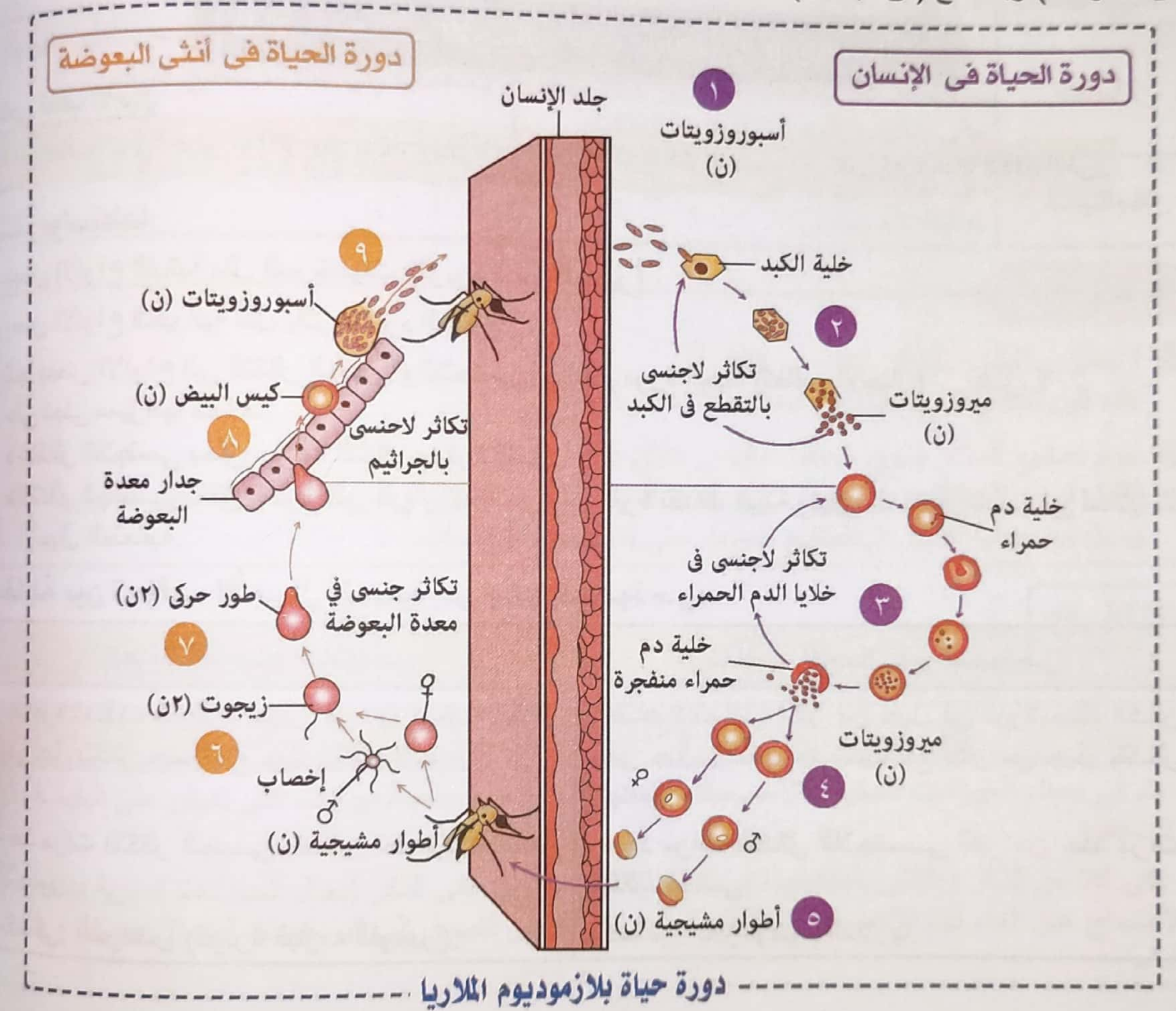
**الإجابة:** الهيدرا - الإسفنج - بعض الطحالب مثل طحلب الإسبيروجيرا - بعض الفطريات - بعض الأوليات - نجم البحر.

**التفسير:** لأنها تتكاثر جنسيًا فى ظروف معينة وتتكاثر لاجنسيًا فى ظروف أخرى ولا يجمعهما دورة حياة واحدة فى نفس الكائن الحي، بينما يشترط أن يتعاقب التكاثر الجنسى مع التكاثر اللاجنسى فى نفس دورة حياة الكائن الحى.

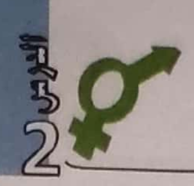
**يمكن إيضاح ظاهرة تعاقب الأجيال من خلال دراستنا للأمثلة التالية:**

## أولاً دورة حياة بلازموديوم الملاريا

- يعتبر من الأوليات الجرثومية التى تتطفل على الإنسان وأنثى بعوضة الأنوفيليس.
- يتعاقب فى دورة حياة البلازموديوم جيل يتكاثر جنسيًا بالأمشاج (فى البعوضة) ثم أجيال تتكاثر لاجنسيًا بالتجرثم (فى البعوضة) وبالتقطع (فى الإنسان).



دورة حياة بلازموديوم الملاريا



## أ دورة الحياة فى جسم الإنسان

- تبدأ دورة الحياة عندما تلدغ أنثى بعوضة أنوفيليس مصابة بالطفيل جلد إنسان وتصب فى دمه أشكالًا مغزلية دقيقة تسمى «الأسبوروزويتات (ن) sporozoites».
- تتجه الأسبوروزويتات مع الدم إلى الكبد حيث تقضى فترة حضانة تقوم فيها بدورتين من التكاثر اللاجنسى حيث تنقسم النواة بالتقطع لتنتج «الميروزويتات (ن) merorozoites».
- تنتقل الميروزويتات لتصيب كريات الدم الحمراء حيث تقضى فيها عدة دورات لاجنسية لإنتاج العديد من الميروزويتات.
- تتحرر الميروزويتات بأعداد هائلة كل يومين بعد تفتت كريات الدم المصابة وتتحرر (تنطلق) مواد سامة حينئذ يظهر على المصاب أعراض حُمى الملاريا (ارتفاع درجة الحرارة / الرعشة / العرق الغزير).
- تتحول بعض الميروزيتات إلى أطوار مشيجية (ن) تنتقل من دم المصاب إلى البعوضة السليمة عند لدغها للإنسان المصاب.

**فكر ثم أجب** ماذا يحدث عند لدغ أنثى بعوضة أنوفيليس مصابة بطفيل الملاريا لإنسان سليم؟

## ب دورة الحياة فى جسم أنثى البعوضة

- تتحرر الأمشاج من كريات الدم الحمراء وتندمج لتكوين «اللاقحة (٢ن)» فى معدة البعوضة.
- تتحول اللاقحة إلى طور حركى (٢ن) «Ookinete» يخترق جدار المعدة.
- ينقسم الطور الحركى ميوزيًا مكونًا كيس البيض (ن) «Oocyte» الذى تنقسم نواته ميتوزيًا فيما يعرف بالتجرثم Sporogony ويعتبر ذلك تكاثر لاجنسى.
- ينتج عن التجرثم العديد من الأسبوروزيتات (ن) التى تتحرر وتتجه إلى الغدد اللعابية للبعوضة استعدادًا لإصابة إنسان آخر.

ماذا يحدث عند لدغ أنثى بعوضة أنوفيليس سليمة لإنسان مصاب بالملاريا ؟

### ملحوظات

- جميع أطوار بلازمويوم الملاريا أحادية المجموعة الصبغية عدا الزيجوت والطور الحركى.
- الطور المعدى للإنسان هو الأسبوروزويتات، بينما الطور المعدى لأنثى بعوضة الأنوفيليس هو الأطوار المشيجية.

### ماذا يحدث عند:

عدم اختراق الطور الحركى للبلازموديوم جدار معدة البعوضة ؟

يظل حبيس معدة البعوضة ثم يموت ويتحلل بفعل العصارات الهاضمة ولا تكتمل دورة الحياة.

أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتي:

١ تعتبر دورة حياة بلازموديوم الملاريا مثالاً غير نموذجى لظاهرة تعاقب الأجيال.
لأنه يتعاقب فى دورة حياة البلازموديوم جيل يتكاثر جنسيًا بالأمشاج فى أنثى بعوضة الأنوفيليس ثم أجيال تتكاثر لاجنسيًا بالجراثيم فى أنثى البعوضة وبالتقطع فى الإنسان.

٢ تتحول لاقحة بلازموديوم الملاريا فى معدة البعوضة إلى الطور الحركى.
حتى يخترق الطور الحركى جدار المعدة وينقسم ميوزيًا مكونا كيس البيض (ن) الذى تنقسم نواته ميتوزيًا بالجراثيم لتنتج العديد من الأسبوروزويتات (ن) التى تتحرر وتتجه إلى الغدد اللعابة للبعوضة استعدادًا لإصابة إنسان آخر.

٣ تظهر أعراض حمى الملاريا على هيئة نوبات متقطعة.
بسبب تفتت كريات الدم الحمراء المصابة كل يومين وتتحرر منها الميروزويتات بأعداد هائلة فتطلق فى دم المريض مواد سامة فتظهر على المريض أعراض حمى الملاريا.

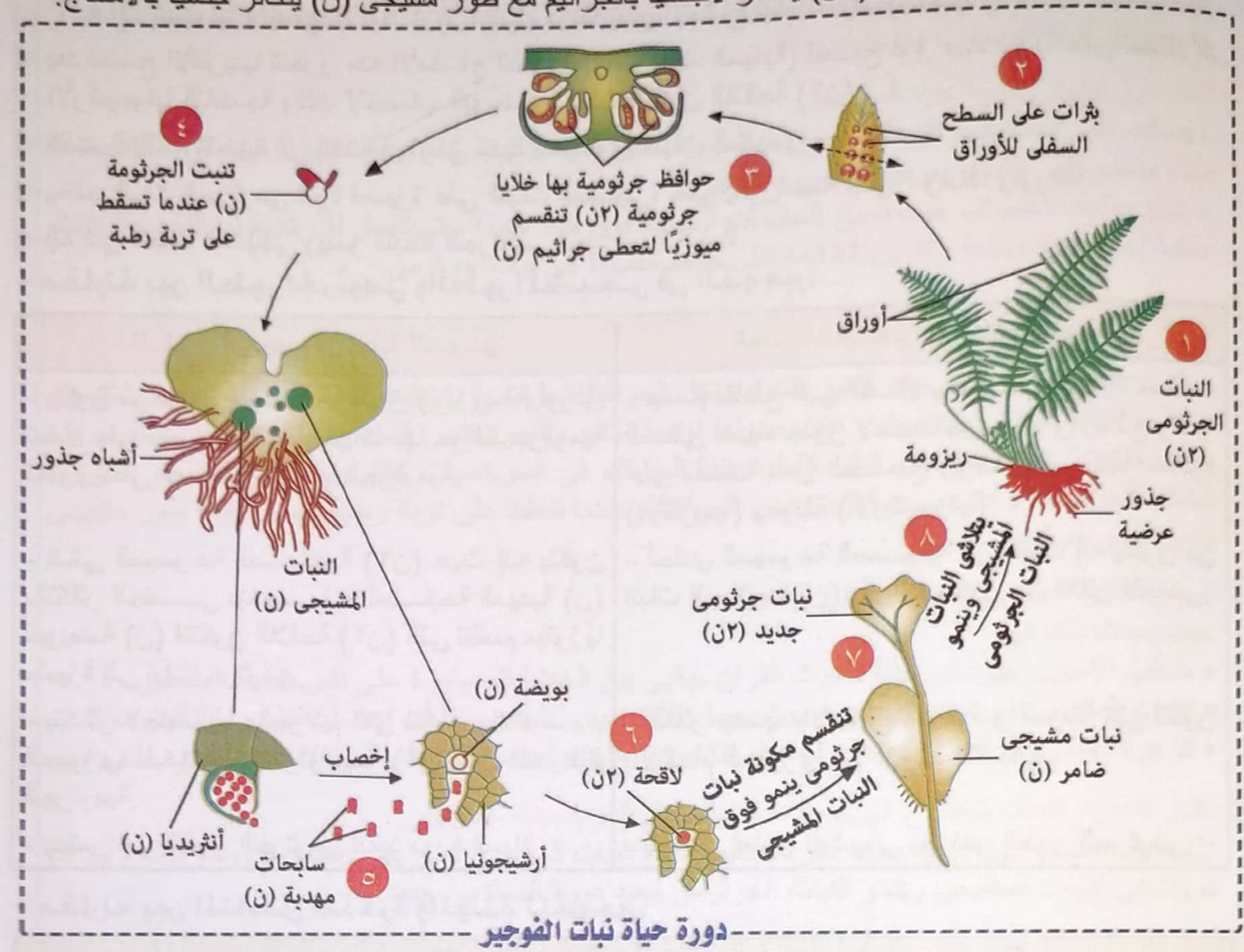
– مقارنة بين أطوار بلازموديوم الملاريا:

| اسم الطور | مكان وجوده: فى البعوضة | مكان وجوده: فى الإنسان | طريقة تكوينه | المجموعة الصبغية |
|---|---|---|---|---|
| الأسبوروزويتات | فى الغدد اللعابية | فى خلايا الكبد | تنقسم نواة كيس البيض بالتجرثم | أحادية (ن) |
| الميروزويتات | – | فى خلايا الكبد | تكاثر الأسبوروزويتات لاجنسيًا بالتقطع | أحادية (ن) |
| | | فى بعض كريات الدم الحمراء | تكاثر الميروزويتات لاجنسيًا | |
| الأطوار المشيجية | فى المعدة | فى بعض كريات الدم الحمراء | تحول بعض الميروزويتات داخل كريات الدم الحمراء | أحادية (ن) |
| اللاقحة (الزيجوت) | فى المعدة | – | اندماج الأطوار المشيجية داخل معدة البعوضة (تكاثر جنسى) | ثنائية (٢ن) |
| الطور الحركى | يخترق جدار المعدة | – | تحول اللاقحة داخل معدة البعوضة | ثنائية (٢ن) |
| كيس البيض | خارج جدار المعدة | – | انقسام الطور الحركى ميوزيًا | أحادية (ن) |

## أولاً دورة حياة نبات من السرخسيات (الفوجير)

من أشهر الأمثلة على السراخس:
- نبات الفوجير المعروف كنبات زينة فى المشاتل.

- نبات كزبرة البئر الذى ينمو على حواف الآبار والقنوات الظليلة.
- تعد دورة حياة نبات الفوجير مثالًا نموذجيًا لظاهرة تعاقب الأجيال ... فسر؟
حيث يتعاقب فيها طور جرثومى (٢ن) يتكاثر لاجنسيًا بالجراثيم مع طور مشيجى (ن) يتكاثر جنسيًا بالأمشاج.



دورة حياة نبات الفوجير

## أ الطور الجرثومى

- تبدأ دورة حياة نبات الفوجير بالطور الجرثومى الذى يحمل على السطح السفلى لأوراقه بثرات بها حوافظ جرثومية تحتوى على العديد من الخلايا الجرثومية (٢ن).
- تنقسم الخلايا الجرثومية (٢ن) ميوزيًا لتكوين الجراثيم (ن).
- عند نضج الجراثيم تتحرر من الحوافظ الجرثومية وتحملها الرياح لمسافات بعيدة.

## ب الطور المشيجى

- عندما تسقط الجرثومة على تربة رطبة تنبت مكونة عدة خلايا لا تلبث أن تتكتل وتتميز إلى جسم مفلطح ينمو على شكل قلبى فوق التربة الرطبة يعرف بالطور المشيجي، وهو يتميز بأن سطحه السفلى يوجد به ما يلي:

أشباه جذور: تنمو على مؤخرة السطح السفلى للطور المشيجى كزوائد لامتصاص الماء والأملاح.

❖ زوائد تناسلية: تنمو على مقدمة السطح السفلى للطور المشيجي، وهى نوعان:
- الأنثريديا Antheridia (ن): مناسل مذكرة تنتج الأمشاج المذكرة (السابحات المهدبة) (ن).
- الأرشيجونيا Archegonia (ن): مناسل مؤنثة تنتج الأمشاج المؤنثة (البويضات) (ن).

- بعد نضج الأنثريديا تتحرر منه الأمشاج الذكرية (السابحات المهدبة) لتسبح فوق مياه التربة حتى تصل إلى الأرشيجونيا الناضجة وذلك لإخصاب البويضة بداخلها فتتكون اللاقحة (٢ن).
- تنقسم اللاقحة متميزة إلى نبات جرثومى جديد ينمو فوق النبات المشيجى.
- يعتمد النبات الجرثومى فترة قصيرة على النبات المشيجي، حتى يكون لنفسه جذورًا وساقًا وأوراقًا.
- يتلاشى النبات المشيجى وينمو النبات الجرثومى ليعيد دورة الحياة.

## - مقارنة بين الطور الجرثومى والطور المشيجى فى الفوجير:

| الطور الجرثومى فى نبات الفوجير | الطور المشيجى فى نبات الفوجير |
|---|---|
| - يتكون من جذور عرضية وساق وريزومة وأوراق تحمل على سطحها السفلى بثرات بها حوافظ جرثومية تحتوى على العديد من الخلايا الجرثومية. | - جسم مفلطح قلبى الشكل يحمل على مؤخرة سطحه السفلى أشباه جذور لامتصاص الماء والأملاح وتنمو على مقدمة نفس السطح زوائد تناسلية مذكرة (الأنثريديا) ومؤنثة (الأرشيجونيا). |
| - ثنائى المجموعة الصبغية (٢ن) حيث إنه يتكون بالتكاثر الجنسى بإخصاب السابحة المهدبة (ن) للبويضة (ن) فتتكون اللاقحة (٢ن) التى تنقسم ميتوزيًا متميزة إلى نبات جرثومى. | - أحادى المجموعة الصبغية (ن) حيث إنه يتكون من إنبات الجرثومة (ن)، أى أنه يتكون من تكاثر لاجنسى. |
| - يتكاثر لاجنسيًا بالجراثيم التى تتكون بالانقسام الميوزى للخلايا الجرثومية (٢ن) فى الحوافظ الجرثومية. | - يتكاثر جنسيًا بالأمشاج المذكرة و المؤنثة التى تتكون بالانقسام الميتوزى فى الزوائد التناسلية. |
| - يستمر نمو الطور الجرثومى ليعيد دورة الحياة. | - يتلاشى الطور المشيجى بعد نمو الطور الجرثومى. |

## - مقارنة بين المناسل المذكرة والمؤنثة للفوجير:

| | الأنثريديا ♂ | الأرشوجونيا ♀ |
|---|---|---|
| التعريف | المناسل المذكرة فى النبات المشيجى للسراخس (كزبرة البئر - الفوجير). | المناسل المؤنثة فى النبات المشيجى للسراخس مثل (الفوجير - كزبرة البئر). |
| المكان | مقدمة السطح السفلى للنبات المشيجى. | مقدمة السطح السفلى للنبات المشيجى. |
| الوظيفة | تكوين السابحات المهدبة بالانقسام الميتوزى. | تكوين البويضات بالانقسام الميتوزى. |
| الرسم | | |

**ملحوظة** الحوافظ الجرثومية (٢ن) ← (تحتوى على) خلايا جرثومية (٢ن) ← (تنقسم ميوزيًا لتعطى) جراثيم (ن).

## أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتى:

١ وضوح ظاهرة تبادل الأجيال فى دورة حياة نبات الفوجير.
لأنه يتعاقب (يتبادل) فى دورة حياة نبات الفوجير طور جرثومى (٢ن) يتكاثر لا جنسيًا بالجراثيم مع طور مشيجى (ن) يتكاثر جنسيًا بالأمشاج.

٢ للماء دور هام فى دورة حياة السراخس.
- يساعد على إنبات الجراثيم الناضجة بعد تحررها حيث تنبت مكونة كتلة من الخلايا لا تلبث أن تتكتل مكونة نبات مفلطح قلبى الشكل يعرف بالطور المشيجى.
- إتمام عملية الإخصاب حيث تسبح السابحات المهدبة فوق مياه التربة حتى تصل للأرشيجونيا الناضجة لإتمام عملية إخصاب البويضة وتكوين اللاقحة التى تنقسم متميزة إلى نبات جرثومى.

٣ تختلف جراثيم فطر عفن الخبز عن جراثيم نبات الفوجير..
(أو) تختلف الجراثيم باختلاف نوع الكائن الحى.
حيث إن الجراثيم فى فطر عفن الخبز تتكون داخل الحوافظ الجرثومية بالانقسام الميتوزى وبعد نضجها تتحرر من الحوافظ و تنتشر فى الهواء وعند وصولها لوسط مناسب للنمو تمتص الماء ويتشقق جدارها وتنقسم عدة مرات ميتوزيًا حتى تنمو إلى فطر كامل، بينما الجراثيم فى السرخسيات كالفوجيرتتكون بالانقسام الميوزى للخلايا الجرثومية وعند نضجها تتحرر من الحوافظ وعندما تسقط على تربة رطبة تنبت مكونة طور مشيجى وليس طور جرثومى.

٤ قد يتم التكاثر الجنسى رغم وجود فرد واحد.
حيث يحدث ذلك في:
- طحلب الإسبيروجيرا فى حالة حدوث اقتران جانبى بين الخلايا المتجاورة على نفس الخيط الطحلبى.
- النبات المشيجى فى نبات الفوجير؛ حيث يحمل الأنثريديا والأرشيجونيا أى أعضاء التذكير والتأنيث معًا.
- الزهرة الخنثي؛ حيث تحتوى على أعضاء التذكير (الطلع) وأعضاء التأنيث (المتاع) معًا.(ستتم دراسته فيما بعد)

٥ تظهر ظاهرة التطفل بوضوح فى دورة حياة نبات من السرخسيات كالفوجير.
لأن النبات الجرثومى الجديد يعتمد لفترة قصيرة على النبات المشيجى حتى يكون نفسه جذورًا وساقًا وأوراقًا ثم يتلاشى النبات المشيجى وينمو النبات الجرثومى ليعيد دورة الحياة من جديد.

٦ ينمو نبات كزبرة البئر على حواف الآبار و القنوات الظليلة.
لوفرة الماء اللازم لإنبات الجراثيم الناضجة بعد تحررها من الحوافظ الجرثوية مكونًا طور مشيجى (ن) لتستمر دورة الحياة من جديد بالإضافة إلى أن السابحات المهدبة تتنقل فوق المياه حتى تصل إلى البويضة فى الأرشيجونيا الناضجة لإتمام الإخصاب وتكوين طور جرثومى جديد.

## ما الملاءمة الوظيفية:

السابحات المهدبة فى دورة حياة الفوجير ؟
١- مزودة بأهداب (وسيلة الحركة) تمكنها من الانتقال فوق مياه التربة حتى تصل للبويضة داخل الأرشيجونيا الناضجة لإتمام عملية الإخصاب.
٢- تنتج بأعداد كبيرة؛ لإمكانية فقد معظمها أثناء رحلتها للوصول للمشيج الأنثوى (البويضة).
٣- أحادية المجموعة الصبغية وعند الإخصاب يندمج أحد السابحات المهدبة (ن) مع البويضة (ن) لتكوين لاقحة (٢ن) تنقسم ميتوزيًا لتعطى طور جرثومى جديد (٢ن) ليعيد دورة الحياة من جديد.

## أسئلة متنوعة

**١ اذكر ٣ أمثلة لكائنات متطفلة فى ضوء دراستك.**

- بلازموديوم الملاريا يتطفل على الإنسان وأنثى بعوضة الأنوفيليس.
- الطور الجرثومى النامى يتطفل على الطور المشيجى لفترة فى دورة حياة السرخسيات كالفوجير.
- فيروس البكتيريوفاج يتطفل على البكتيريا. (سيتم دراسته في الدرس الأول من DNA)

**٢ ما مدى صحة العبارة التالية: كل صور التكاثر اللاجنسى تعتمد على الانقسام الميتوزى؟**

غير صحيحة؛ حيث إنه قد يحدث تكاثر لاجنسى عن طريق الانقسام الميوزى وليس الميتوزى كما في:

- التوالد البكرى الطبيعى فى ملكة نحل العسل حيث تنتج بيضًا (ن) ينمو دون إخصاب مكونًا ذكورًا (ن).
- التوالد البكرى الصناعى كما فى (الضفدعة، نجم البحر، الأرانب) حيث تنتج بويضات (ن) بالانقسام الميوزى يتم تنشيطها بتعريضها لصدمة حرارية أو كهربية أو لإشعاع أو الرج أو الوخز بالإبر أو فى محلول ملحى فتتضاعف الصبغيات مكونة أفراد ثنائية المجموعة الصبغية تشبه الأم تمامًا فى جميع صفاتها الوراثية والجنس.
- التكاثر بالجراثيم فى الطور الجرثومى للفوجير؛ حيث تنتج الجراثيم بالانقسام الميوزى وعندما تسقط على تربة رطبة تنبت مكونة طور مشيجى.

**٣ ما مدى صحة العبارة التالية: كل صور التكاثر الجنسى تعتمد على الانقسام الميوزي؟**

غير صحيحة؛ لأنه قد يحدث تكاثر جنسى عن طريق انقسام ميتوزى وليس ميوزيًا فقط كما في:

- دورة حياة بلازموديوم الملاريا: حيث تنتج الأطوار المشيجية (ن) بالانقسام الميتوزى للميروزويتات داخل كريات الدم الحمراء ثم تندمج بعد نضجها فىمعدة البعوضة مكونة لاقحة (٢ن).
- دورة حياة سرخس الفوجير: حيث تنتج الأنثريديا (ن) السابحات المهدبة (ن) والأرشيجونيا (ن) البويضات (ن) بالانقسام الميتوزى ثم تندمج معًا مكونة لاقحة (٢ن).

**٤ اذكر ٣ أمثلة لتكاثر جنسى لا يؤدى إلى تنوع فى صفات الأفراد الناتجة عنه.**

- الاقتران الجانبى فى طحلب الإسبيروجيرا.
- التكاثر الجنسى بالأمشاج فى الطور المشيجى لسراخس الفوجير.
- التكاثر الجنسى بالأطوار المشيجية فى بلازموديوم الملاريا.

**٥ تلجأ بعض الكائنات الحية فى الظروف غير المناسبة إلى إتمام وظيفة التكاثر بطريقة معينة. دلل على ذلك بمثالين أحدهما يتكاثر جنسيًا و الأخر لاجنسيًا.**

- جنسيـًا: طحلب الإسبيروجيرا يلجأ إلى الاقتران (سلمى أو جانبي).
- لاجنسيًا: الأميبا تلجأ إلى التحوصل و الانشطار الثنائى المتكرر.

**٦ ما مدى صحة العبارة: قد يحدث تكاثر جنسى دون الحاجة لأمشاج.**

صحيحة؛ لأن ذلك يحدث فى التكاثر الجنسى بالاقتران فى طحلب الإسبيروجيرا حيث تندمج المكونات الحية (البروتوبلازم) الخاص بكل خليتين معًا لتكوين اللاقحة الجرثومية دون الحاجة إلى أمشاج.

**٧ قد يحدث انقسام ميوزى ولا ينتج عنه أمشاج.. اذكر ثلاثة أمثلة مختلفة توضح ذلك.**

١- نواة الزيجوسبور تنتج أربع أنوية يتحلل منها ثلاثة وتبقى الرابعة تنقسم ميتوزيًا لإنبات خيط جديد فى الإسبيروجيرا.
٢- الطور الحركى لبلازموديوم الملاريا تنتج كيس بيض.
٣- الخلايا الجرثومية فى الفوجير تنتج جراثيم.

**قارن بين:**

قارن بين لعاب أنثى أنوفيليس مصابة، وعينة دم لإنسان مصاب بحمى الملاريا من حيث التركيب الأساسي.

| وجه المقارنة | لعاب أنثى الأنوفيليس مصابة | عينة دم إنسان مصاب بحمى الملاريا |
|---|---|---|
| التركيب الأساسي للطفيل تحت المجهر | أشكال مغزلية دقيقة تعرف بالأسبوروزويتات. | الميروزويتات والأطوار المشيجية. |

**أسئلة بنظام Open Book**

**اختر الإجابة الصحيحة فيما يأتي:**

١- من حقيقيات النواة التي تتكاثر لاجنسيا بالإنشطار الثنائي ........

(أ) بكتيريا إيشريشيا كولاي (ب) البراميسيوم (ج) فطر عيش الغراب (د) الفوجير

٢- التكاثر اللاجنسي شائع في عالم النبات ؛ جميع صور التكاثر اللاجنسي مكلفة بيولوجيا ........

(أ) العبارتان صحيحتان وبينهما علاقة (ب) العبارة الأولي صحيحة والثانية خطأ

(ج) العبارة الأولي خطأ والثانية صحيحة (د) العبارتان خطأ

٣- الفطريات من حقيقيات النواة ؛ جميع الفطريات تتكاثر لاجنسيا ........

(أ) العبارتان صحيحتان وبينهما علاقة (ب) العبارة الأولي صحيحة والثانية خطأ

(ج) العبارة الأولي خطأ والثانية صحيحة (د) العبارتان خطأ

٤- نوع الانقسام السائد في دورة حياة طحلب الإسبيروجيرا عند وفرة المياة ........

(أ) ميوزي فقط (ب) ميتوزي فقط (ج) ميوزي ثم ميتوزي (د) ميتوزي ثم ميوزي

٥- نوع الانقسام السائد في دورة حياة طحلب الإسبيروجيرا عند جفاف البركة ........

(أ) ميوزي فقط (ب) ميتوزي فقط (ج) ميوزي ثم ميتوزي (د) ميتوزي ثم ميوزي

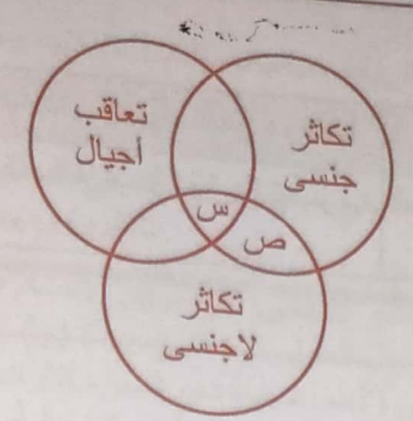
٦- يتكاثر نجم البحر ..............

(أ) لاجنسيا بالتجدد فقط (ب) لاجنسيا بالتوالد البكري الصناعي فقط (ج) الأولي والثانية (د) لاجنسيا وجنسيا

**الإجابة:** ١- (ب) ٢- (ب) ٣- (ب) ٤- (ب) ٥- (ج) ٦- (د)

## أسئلة بنظام Open Book

### الشكل (١)




١- بفرض أن الكائن الحي (ص) عديد الخلايا غير ذاتي التغذية فإن الاحتمال الأقرب أن يكون .........
(أ) هيدرا فقط (ب) إسفنج فقط (ج) هيدرا وإسفنج (د) هيدرا وبلازموديوم

٢- بفرض أن الكائن الحي (ص) عديد الخلايا ذاتي التغذية فإن الاحتمال الأقرب أن يكون .........
(أ) هيدرا (ب) طحلب الإسبيروجيرا (ج) بلازموديوم الملاريا (د) الفوجير

٣- الاحتمال الأكبر أن يكون الكائن الحي (س) هو .........
(أ) كزبرة البئر فقط (ب) بلازموديوم الملاريا فقط (ج) الأولي والثانية (د) الهيدرا والإسفنج

**الإجابة:** ١- (ج) ٢- (ب) ٣- (ج)

### الشكل (٢)

الشكل المقابل يوضح تتابع المحتوي الجيني للمادة الوراثية علي مدار جيلين متتالين لبعض الكائنات الحية.
ادرس الشكل جيدا ثم أجب.

عدد المجموعات الصبغية
٢ن
ن
أبناء آباء (أ)
أبناء آباء (ب)
أبناء آباء (ج)
أبناء آباء (د)

١- من المحتمل أن يكون الكائن (أ) هو .......
(أ) ذكر نحل العسل (ب) ملكة نحل العسل
(ج) شغالة نحل العسل (د) الأولي والثانية

٢- من المحتمل أن يكون الكائن الحي (ب) هو .......
(أ) طحلب الإسبيروجيرا (ب) ذكر نحل العسل (ج) أنثي حشرة المن (د) لا توجد إجابة صحيحة

٣- من المحتمل أن يكون الكائن الحي (ج) هو .........
(أ) ملكة نحل العسل (ب) ذكر نحل العسل (ج) أنثي حشرة المن (د) شغالة نحل العسل

٤- من المحتمل أن يكون الكائن الحي (د) هو .........
(أ) طحلب الإسبيروجيرا (ب) ملكة نحل العسل (ج) أنثي حشرة المن (د) لا توجد إجابة صحيحة

٥- الكائن الذى لا يعبر عنه أيًا من الأشكال السابقة يحتمل أن يكون:
(أ) ذكر نحل العسل (ب) أنثى حشرة المن (ج) ملكة نحل العسل (د) شغالة نحل العسل

**الإجابة:** ١- (ب) ٢- (ج) ٣- (ب) ٤- (أ) ٥- (د)

## ثانيًا التكاثر الجنسى Sexual Reproduction









### أ الاقتران Conjugation

- تتكاثر معظم الكائنات البدائية كبعض الأوليات والطحالب، مثل: الإسبيروجيرا والفطريات بطريقتين مختلفتين:
  - لا جنسيًا بالانقسام الميتوزى: فى الظروف المناسبة مثل وفرة الماء و ملائمة الحرارة.
  - جنسيًا بالاقتـران: فى الظروف غير المناسبة كتعرضها للجفاف أو تغير درجة حرارة الماء أو نقاوته.

### الاقتران فى طحلب الإسبيروجيرا

- يعرف طحلب الاسبيروجيرا بـالريم الأخضر، وينتشر فى المياه الراكدة، وهو عبارة عن خيوط يتكون كل منها من صف واحد من الخلايا.
- يلجأ طحلب الإسبيروجيرا إلى الاقتران (فى الظروف غير المناسبة) والاقتران نوعان، هما:
  - الاقتران السلمى.
  - الاقتران الجانبى.

### مقارنة بين الاقتران السلمى والاقتران الجانبى

| | الاقتران السلمى | الاقتران الجانبى |
|---|---|---|
| الشكل | (ن) (ن) نواة، بلاستيدة، خيطان متجاوران طوليًا، قناة الاقتران، اتحاد بروتوبلازم الخليتين لتكوين الزيجوت، لاقحة جرثومية (٢ن) (الزيجوسبور)، انقسام ميوزى (اختزالى)، إنبات خيط جديد بالانقسام الميتوزى (ن) | خيط طحلبى واحد (ن) (ن)، لاقحة (زيجوت) (٢ن)، لاقحة جرثومية (٢ن) (الزيجوسبور)، انقسام ميوزى (اختزالى)، إنبات خيط جديد بالانقسام الميتوزى (ن) |
| شرط حدوثه | وجود أكثر من خيط طحلبى عند تعرض الإسبيروجيرا لظرف غير مناسب. | وجود خيط طحلبى واحد فقط عند تعرض الإسبيروجيرا لظرف غير مناسب. |

| | | |
|---|---|---|
| موضع حدوثه | يحدث بين الخلايا المتقابلة فى خيطين طحلبين متجاورين طوليًا. | يحدث بين خليتين متجاورتين فى نفس الخيط الطحلبى. |
| كيفية حدوثه | ١- يتجاور خيطان طوليًا.<br>٢- تنمو نتوءات للداخل بين بعض أزواج الخلايا المتقابلة حتى يتلامسا ويزول الجدار الفاصل بينهما وتتكون قناة اقتران.<br>٣- تنتقل مكونات إحدى الخليتين إلى الخلية المقابلة لها من خلال قناة الاقتران مكونًا لاقحة (زيجوت) (٢ن). | تنتقل مكونات إحدى الخليتين (البروتوبلازم) إلى الخلية المجاورة لها على نفس الخيط الطحلبى من خلال فتحة فى الجدار الفاصل بينهما مكونًا لاقحة (زيجوت) (٢ن). |
| وجه الشبه | - تحاط الخلية بجدار سميك ... علل ؟ ؛ لحمايتها من الظروف غير الملائمة، وتسمى (لاقحة جرثومية) أو (زيجوسبور)، وتبقى ساكنة حتى تتحسن الظروف المحيطة.<br>- تنقسم نواة اللاقحة الجرثومية ميوزيًا لتكوين ٤ أنوية أحادية المجموعة الصبغية (ن) يتحلل منها ٣ أنوية وتبقى النواة الرابعة.<br>- تقسم النواة الرابعة ميتوزيًا لتكوّن خيط طحلبى جديد (ن). | |
| التنوع الوراثى للأفراد الناتجة | أكثر تنوعًا حيث تجمع بين صفات خيطين مختلفين. | أقل تنوعًا حيث تجمع بين صفات خيط طحلبى واحد فقط. |
| سهولة حدوثها | أصعب حدوثًا. | أكثر سهولة. |

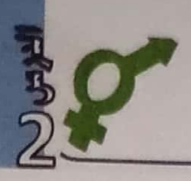
- **أوجه الشبه والاختلاف بين اللاقحة واللاقحة الجرثومية "الزيجوسبور":**

| اللاقحة | اللاقحة الجرثومية "الزيجوسبور" |
|---|---|
| - غير محاطة بجدار سميك.<br>- تنقسم ميتوزيًا لتكوين الجنين ثم الفرد اليافع الناضج.<br>- تتكون فى التكاثر الجنسى بالأمشاج. | - محاطة بجدار سميك لحمايتها من الظروف غير الملائمة.<br>- تنقسم نواتها ميوزيًا لتعطى ٤ أنوية يتحلل منها ٣ وتبقى الرابعة التى تنقسم ميتوزيًا لتكوين خيط جديد.<br>- تتكون فى التكاثر الجنسى بالاقتران. |
| **وجه الشبه:** كلاهما ثنائية المجموعة الصبغية وتتكون فى التكاثر الجنسى. | |

**أجب عما يأتي:**

١ ما توقيت حدوث: الانقسامات المتتالية للزيجوسبور فى طحلب الإسبيروجيرا ؟
عندما تتحسن الظروف.

٢ فسر: الانقسام الميوزى قد يسبق أو يلى التكاثر الجنسى.
(أو) يختلف توقيت الانقسام الميوزى حسب صور التكاثر الجنسى.
لأن الانقسام الميوزى قد يسبق التكاثر الجنسى عند تكوين الأمشاج كما فى الكائنات الأكثر رقيًا مثل الإنسان وقد يلى التكاثر الجنسى فى حالة الاقتران كما فى طحلب الاسبيروجيرا حتى يعود لخلايا الطحلب الجديد العدد الفردى من الصبغيات (ن)لأن الانقسام الميوزى يعطى نصف عدد الصبغيات فى الخلية الأصلية.



## ما مدى صحة العبارة الآتية؟

١ الاقتران السلمى أفضل من الاقتران الجانبى.

صحيحة؛ لأن الاقتران السلمى يحدث بين الخلايا المتقابلة فى خيطين متجاورين طوليًا من الإسبيروجيرا فيكون الزيجوسبور الناتج يجمع بين صفات خيطين مختلفين وراثيًا فيكون أكثر قدرة على مواجهة تغيرات البيئة بينما الاقتران الجانبى يحدث بين خليتين متجاورتين على نفس الخيط (لهما نفس الصفات الوراثية) فيكون أقل تنوعًا وأقل قدرة على مسايرة تقلبات البيئة.

٢ الاقتران السلمى أسهل من الاقتران الجانبى.

غير صحيحة؛ لأن الاقتران السلمى يحدث بين الخلايا المتقابلة فى خيطين طحلبين متجاورين طوليًا حيث يتجاور خيطان طوليًا ثم تنمو نتوءات للداخل بين بعض أزواج الخلايا المتقابلة حتى يتلامسا ويزول الجدار الفاصل بينهما وتتكون قناة اقتران ثم تنتقل مكونات إحدى الخليتين إلى الخلية المقابلة لها من خلال قناة الاقتران مكونًا لاقحة (زيجوت) (٢ن)، بينما الاقتران الجانبى يحدث بين خليتين متجاورتين فى نفس الخيط الطحلبى حيث تنتقل مكونات إحدى الخليتين (البروتوبلازم) إلى الخلية المجاورة لها على نفس الخيط الطحلبى من خلال فتحة فى الجدار الفاصل بينهما مكونًا لاقحة (زيجوت) (٢ن).

٣ تتكاثر جميع الفطريات لاجنسيًا بالجراثيم فقط.

غير صحيحة؛ لأن الفطريات قد تتكاثر:

- **لاجنسيًا** فى الظروف المناسبة إما عن طريق:
  - الجراثيم: كما فى فطر عفن الخبز وفطر عيش الغراب.
  - التبرعم: كما فى فطر الخميرة.
- **جنسيًا** بالاقتران: فى الظروف غير المناسبة مثل تغير درجة الحرارة وتغير نقاوة المياه وغيرها.

## مسألة:

عند جفاف بركة يعيش بها خيطان من طحلب الإسبيروجيرا أحدهما يحتوى على ١٦خلية و الأخر يحتوى على ٢٢ خلية. احسب:

١- عدد الزيجوسبورات الناتجة.
٢- عدد الخيوط الطحلبية الناتجة من الإنبات.
٣- نوع الاقتران الحادث.
٤- نوع الانقسامات التى تحدث بعد تحسن الظروف المحيطة.

**:الإجابة:-**

١- عدد الزيجوسبورات الناتجة = ١٦ + ٣ = ١٩ زيجوسبور.
٢- عدد الخيوط الطحلبية الناتجة = عدد الزيجوسبورات = ١٩ خيط طحلبى.
٣- اقتران سلمى بين ١٦ زوج من الخلايا على الخيطين المتجاورين.
اقتران جانبى بين ٣ أزواج من الخلايا على خيط واحد فقط.
٤- انقسام ميوزى لنواة الزيجوسبور يليه انقسام ميتوزى.

## ب التكاثر بالأمشاج الجنسية

تتكاثر الأحياء النباتية والحيوانية المتقدمة بالأمشاج الجنسية المذكرة والأنثوية الناتجة عن انقسام ميوزى يتم فى المناسل (الأعضاء الجنسية).

- **مقارنة بين أنواع الأمشاج الجنسية:** (الأمشاج الذكرية - الأمشاج الأنثوية).

| | المشيج المذكر ♂ | المشيج المؤنث ♀ |
|---|---|---|
| عضو الإنتاج | تنتجه المناسل المذكرة (الخصية - المتك). | تنتجه المناسل المؤنثة (المبيض). |
| العدد | ينتج المشيج المذكر بأعداد كبيرة ... فسر؟ حيث إن كل خلية أولية تنتج أربعة أمشاج ذكرية وذلك لاحتمال فقد بعضها خلال رحلتها إلى المشيج الأنثوى. | ينتج المشيج المؤنث بأعداد قليلة ... فسر؟ حيث إن كل خلية أولية تنتج مشيج مؤنث واحد (بويضة) وثلاثة أجسام قطبية. |
| الوصف | الجسم مستدق قليل السيتوبلازم (حيث يفقد معظم السيتوبلازم أثناء تكوينه) | مستدير. |
| اختزان الغذاء | لا يختزن الغذاء. | يختزن الغذاء غالبًا. |
| الحركة | له القدرة على الحركة حيث يتزود الجسم بسوط أو ذيل (بالنسبة للحيوان أو الإنسان) حتى يستطيع الوصول للمشيج المؤنث. | يبقى ساكن عادة فى جسم الأنثى حتى يتم الإخصاب (فى حالات التلقيح الداخلى). |
| الوظيفة | نقل المادة الوراثية إلى المشيج المؤنث فى عملية الإخصاب. | استقبال المادة الوراثية من المشيج المذكر. |

**ملحوظات**

- لا يختزن المشيج المذكر الغذاء ... علل؟
  لأنه قليل السيتوبلازم حيث يفقد معظمه أثناء تكوينه.
- جسم المشيج المذكر يكون متسقًا غالبًا ... علل؟
  لتقليل قوى الاحتكاك مع السوائل التى يلقاها أثناء حركته لضمان الوصول لمكان المشيج الأنثوي، كما أنه يسهل من عملية الاختراق للمشيج المؤنث حتى تتم عملية الإخصاب.

## التلقيح

**التلقيح**
انتقال المشيج الذكرى إلى المشيج الأنثوى.

يتم التلقيح حسب نوع الحيوان وبيئته، بإحدى الطريقتين التاليتين:

| تلقيح خارجي | تلقيح داخلي |
|---|---|
| - يتم فى معظم الحيوانات المائية كالأسماك العظمية والضفادع.<br>- يلقى كلا من الذكر والأنثى بأمشاجهما فى الماء فتنتقل الأمشاج عبر الماء ليتم الإخصاب وتكوين الجنين فى الماء. | - تتم فى معظم الحيوانات التى تعيش على اليابسة مثل الزواحف والطيور والثدييات.<br>- يتعين على الذكر إدخال الحيوانات المنوية داخل جسم الأنثى لتصل إلى البويضات ليتم الإخصاب و يتكون الجنين. |

## الإخصاب

**الإخصاب**

اندماج نواة المشيج الذكرى (ن) بنواة المشيج الأنثوى (ن) لتكوين اللاقحة (٢ن) التى تنقسم ميتوزيًا لتكوين الجنين.

**فكرة**

بركة ماء تعيش فيها كل من طحلب الإسبيروجيراء والأميباء وضفدعة.
حدد ماذا يحدث عند جفاف هذه البركة لكل منها؟

- **طحلب الإسبيروجيرا:** يتكاثر جنسيًا بالاقتران (سلمى أو جانبي) لتكوين زيجوسبور تنقسم نواته ميوزيًا فور تحسن الظروف المحيطة إلى أربعة أنوية يتحلل منها ٣ وتبقى النواة الرابعة لتنقسم ميتوزيًا لإنبات خيط طحلبى جديد.
- **أميبا:** تفرز حول جسمها غلافًا كيتينيًا؛ لحمايتها وتنقسم داخل الحوصلة عدة مرات بالانشطار الثنائى المتكرر لتعطى عدة أميبات صغيرة تتحرر منها فور تحسن الظروف المحيطة.
- **الضفدعة:** تتوقف عن التكاثر الجنسي؛ لأن التلقيح والإخصاب فيها يكون خارجى ويحتاج لوسط مائى.

## ظاهرة تعاقب الأجيال Alternation of Generation

**ظاهرة تعاقب الأجيال**

ظاهرة تعاقب "توالي" جيلين أو أكثر جيل يتكاثر جنسيًا مع جيل أو أكثر يتكاثر لا جنسيًا في نفس دورة حياة الكائن الحى.

### تتكاثر بواسطتها:

- بعض الأنواع النباتية مثل السرخسيات (كزبرة البئر-الفوجير).
- بعض الأنواع الحيوانية مثل بلازموديوم الملاريا.
- تلجأ بعض الأنواع إلى التكاثر الجنسى واللاجنسى فى نفس دورة الحياة (تعاقب الأجيال) ... علل ؟
حتى تجنى ميزاتها معًا فـ:
  - **التكاثر اللاجنسى** يحقق سرعة التكاثر ووفرة النسل.
  - **التكاثر الجنسى** يحقق التنوع الوراثى والانتشار ومسايرة تقلبات البيئة وتباين المحتوى الصبغى لخلايا تلك الأجيال المتعاقبة.

### مقارنة بين تعاقب الأجيال النموذجي وغير النموذجي:

| تعاقب الأجيال النموذجي | تعاقب الأجيال غير النموذجي |
|---|---|
| - ظاهرة تعاقب (توالى) جيلين فى دورة حياة الكائن الحى جيل يتكاثر جنسيًا مع جيل يتكاثر لاجنسيًا. | - ظاهرة تعاقب أكثر من جيل فى دورة حياة الكائن الحى جيل يتكاثر جنسيًا مع أكثر من جيل يتكاثر لاجنسيًا. |
| - عدد مرات التكاثر الجنسى يساوى عد مرات التكاثر اللاجنسى. | - عدد مرات التكاثر اللاجنسى أكبر من عدد مرات التكاثر الجنسى. |
| - كما فى: السراخس (كزبرة البئر - الفوجير). | - كما فى: بلازموديوم الملاريا. |

فكرة

حدد ٦ كائنات تتكاثر جنسيًا ولاجنسيًا ولا يعتبر تعاقب أجيال، مع التفسير.

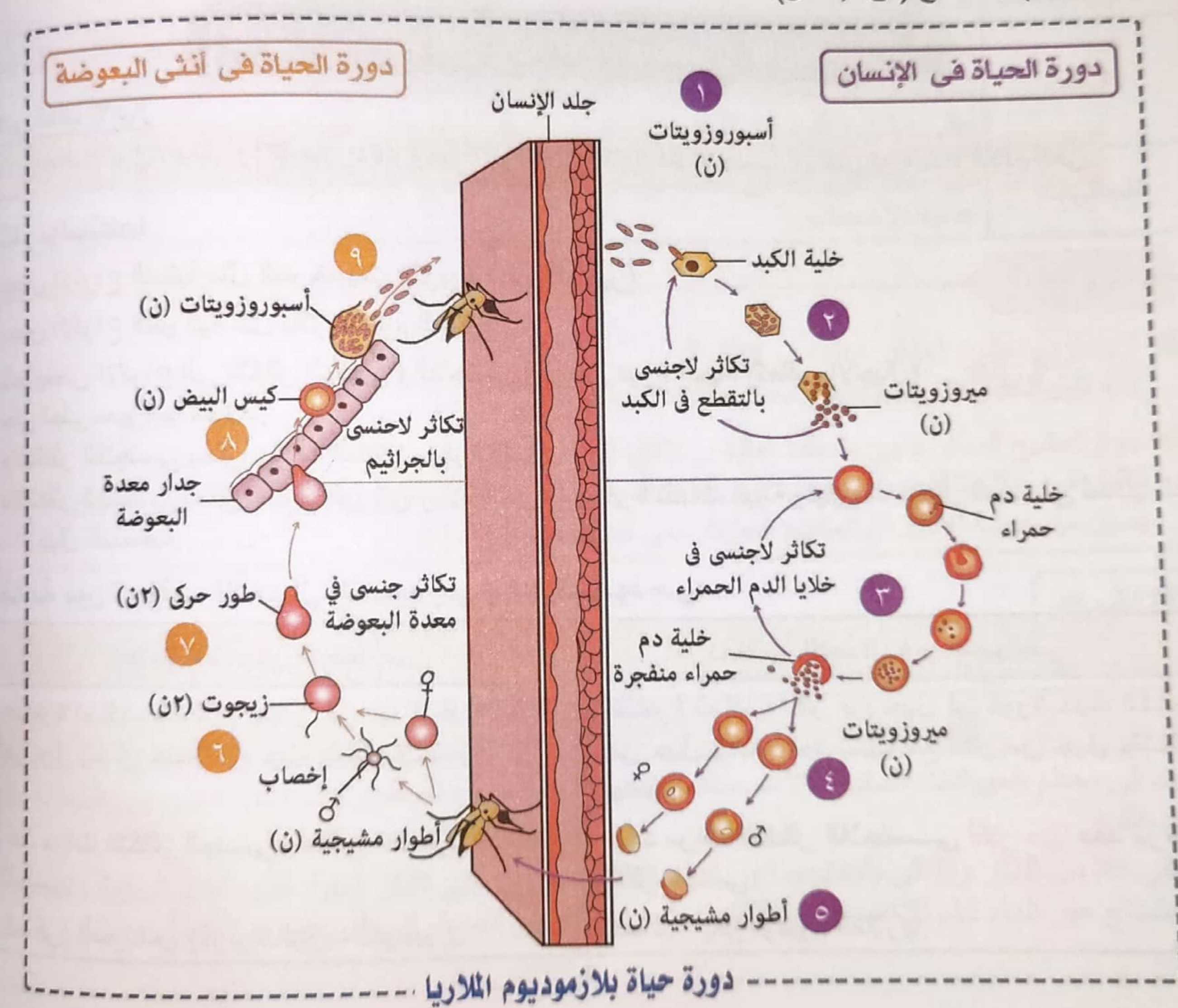
**الإجابة:** الهيدرا - الإسفنج - بعض الطحالب مثل طحلب الإسبيروجيرا - بعض الفطريات - بعض الأوليات - نجم البحر.

**التفسير:** لأنها تتكاثر جنسيًا فى ظروف معينة وتتكاثر لاجنسيًا فى ظروف أخرى ولا يجمعهما دورة حياة واحدة فى نفس الكائن الحي، بينما يشترط أن يتعاقب التكاثر الجنسى مع التكاثر اللاجنسى فى نفس دورة حياة الكائن الحى.

**يمكن إيضاح ظاهرة تعاقب الأجيال من خلال دراستنا للأمثلة التالية:**

## أولاً دورة حياة بلازموديوم الملاريا

- يعتبر من الأوليات الجرثومية التى تتطفل على الإنسان وأنثى بعوضة الأنوفيليس.
- يتعاقب فى دورة حياة البلازموديوم جيل يتكاثر جنسيًا بالأمشاج (فى البعوضة) ثم أجيال تتكاثر لاجنسيًا بالتجرثم (فى البعوضة) وبالتقطع (فى الإنسان).




دورة حياة بلازموديوم الملاريا



## أ دورة الحياة فى جسم الإنسان

- تبدأ دورة الحياة عندما تلدغ أنثى بعوضة أنوفيليس مصابة بالطفيل جلد إنسان وتصب فى دمه أشكالا مغزلية دقيقة تسمى «الأسبوروزويتات (ن) sporozoites».
- تتجه الأسبوروزويتات مع الدم إلى الكبد حيث تقضى فترة حضانة تقوم فيها بدورتين من التكاثر اللاجنسى حيث تتقسم النواة بالتقطع لتنتج «الميروزويتات (ن) merorozoites».
- تنتقل الميروزويتات لتصيب كريات الدم الحمراء حيث تقضى فيها عدة دورات لاجنسية لإنتاج العديد من الميروزويتات.
- تتحرر الميروزويتات بأعداد هائلة كل يومين بعد تفتت كريات الدم المصابة وتتحرر (تنطلق) مواد سامة حينئذ يظهر على المصاب أعراض حُمى الملاريا (ارتفاع درجة الحرارة / الرعشة / العرق الغزير).
- تتحول بعض الميروزيتات إلى أطوار مشيجية (ن) تنتقل من دم المصاب إلى البعوضة السليمة عند لدغها للإنسان المصاب.

**فكر ثم أجب** ماذا يحدث عند لدغ أنثى بعوضة أنوفيليس مصابة بطفيل الملاريا لإنسان سليم؟

## ب دورة الحياة فى جسم أنثى البعوضة

- تتحرر الأمشاج من كريات الدم الحمراء وتندمج لتكوين «اللاقحة (٢ن)» فى معدة البعوضة.
- تتحول اللاقحة إلى طور حركى (٢ن) «Ookinete» يخترق جدار المعدة.
- ينقسم الطور الحركى ميوزيًا مكونًا كيس البيض (ن) «Oocyte» الذى تنقسم نواته ميتوزيًا فيما يعرف بالتجرثم Sporogony ويعتبر ذلك تكاثر لاجنسى.
- ينتج عن التجرثم العديد من الأسبوروزيتات (ن) التى تتحرر وتتجه إلى الغدد اللعابية للبعوضة استعدادًا لإصابة إنسان آخر.

ماذا يحدث عند لدغ أنثى بعوضة أنوفيليس سليمة لإنسان مصاب بالملاريا ؟

### ملحوظات

- جميع أطوار بلازموديوم الملاريا أحادية المجموعة الصبغية عدا الزيجوت والطور الحركى.
- الطور المعدى للإنسان هو الأسبوروزويتات، بينما الطور المعدى لأنثى بعوضة الأنوفيليس هو الأطوار المشيجية.

### ماذا يحدث عند:

عدم اختراق الطور الحركى للبلازموديوم جدار معدة البعوضة ؟

يظل حبيس معدة البعوضة ثم يموت ويتحلل بفعل العصارات الهاضمة ولا تكتمل دورة الحياة.

## أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتي:

١ تعتبر دورة حياة بلازموديوم الملاريا مثالاً غير نموذجى لظاهرة تعاقب الأجيال.

لأنه يتعاقب فى دورة حياة البلازموديوم جيل يتكاثر جنسيًا بالأمشاج فى أنثى بعوضة الأنوفيليس ثم أجيال تتكاثر لاجنسيًا بالجراثيم فى أنثى البعوضة وبالتقطع فى الإنسان.

٢ تتحول لاقحة بلازموديوم الملاريا فى معدة البعوضة إلى الطور الحركى.

حتى يخترق الطور الحركى جدار المعدة وينقسم ميوزيًا مكونا كيس البيض (ن) الذى تنقسم نواته ميتوزيًا بالجراثيم لتنتج العديد من الأسبوروزويتات (ن) التى تتحرر وتتجه إلى الغدد اللعابية للبعوضة استعدادًا لإصابة إنسان آخر.

٣ تظهر أعراض حمى الملاريا على هيئة نوبات متقطعة.

بسبب تفتت كريات الدم الحمراء المصابة كل يومين وتتحرر منها الميروزويتات بأعداد هائلة فتطلق فى دم المريض مواد سامة فتظهر على المريض أعراض حمى الملاريا.

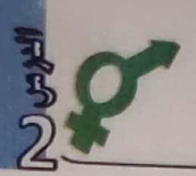
## – مقارنة بين أطوار بلازموديوم الملاريا:

| اسم الطور | مكان وجوده | | طريقة تكوينه | المجموعة الصبغية |
|---|---|---|---|---|
| | فى البعوضة | فى الإنسان | | |
| الأسبوروزويتات | فى الغدد اللعابية | فى خلايا الكبد | تنقسم نواة كيس البيض بالتجرثم | أحادية (ن) |
| الميروزويتات | – | فى خلايا الكبد | تكاثر الأسبوروزويتات لاجنسيًا بالتقطع | أحادية (ن) |
| | | فى بعض كريات الدم الحمراء | تكاثر الميروزويتات لاجنسيًا | |
| الأطوار المشيجية | فى المعدة | فى بعض كريات الدم الحمراء | تحول بعض الميروزويتات داخل كريات الدم الحمراء | أحادية (ن) |
| اللاقحة (الزيجوت) | فى المعدة | – | اندماج الأطوار المشيجية داخل معدة البعوضة (تكاثر جنسى) | ثنائية (٢ن) |
| الطور الحركى | يخترق جدار المعدة | – | تحول اللاقحة داخل معدة البعوضة | ثنائية (٢ن) |
| كيس البيض | خارج جدار المعدة | – | انقسام الطور الحركى ميوزيًا | أحادية (ن) |

## أولاً دورة حياة نبات من السرخسيات (الفوجير)

من أشهر الأمثلة على السراخس:

- نبات الفوجير المعروف كنبات زينة فى المشاتل.



- نبات كزبرة البئر الذى ينمو على حواف الآبار والقنوات الظليلة.
- تعد دورة حياة نبات الفوجير مثالاً نموذجيًا لظاهرة تعاقب الأجيال ... **فسر؟**

حيث يتعاقب فيها طور جرثومى (٢ن) يتكاثر لاجنسيًا بالجراثيم مع طور مشيجى (ن) يتكاثر جنسيًا بالأمشاج.

١ النبات الجرثومى (٢ن)
أوراق
ريزومة
جذور عرضية
٢ بثرات على السطح السفلى للأوراق
٣ حوافظ جرثومية بها خلايا جرثومية (٢ن) تنقسم ميوزيًا لتعطى جراثيم (ن)
٤ تنبت الجرثومة (ن) عندما تسقط على تربة رطبة
أشباه جذور
النبات المشيجى (ن)
أنثريديا (ن)
٥ سابحات مهدبة (ن)
إخصاب
بويضة (ن)
أرشيجونيا (ن)
٦ لاقحة (٢ن)
تنقسم مكونة نبات جرثومى ينمو فوق النبات المشيجى
٧ نبات مشيجى ضامر (ن)
٨ نبات جرثومى جديد (٢ن)
يتلاشى النبات المشيجى وينمو النبات الجرثومى

دورة حياة نبات الفوجير

## أ الطور الجرثومى

- تبدأ دورة حياة نبات الفوجير بالطور الجرثومى الذى يحمل على السطح السفلى لأوراقه بثرات بها حوافظ جرثومية تحتوى على العديد من الخلايا الجرثومية (٢ن).
- تنقسم الخلايا الجرثومية (٢ن) ميوزيًا لتكوين الجراثيم (ن).
- عند نضج الجراثيم تتحرر من الحوافظ الجرثومية وتحملها الرياح لمسافات بعيدة.

## ب الطور المشيجى

- عندما تسقط الجرثومة على تربة رطبة تنبت مكونة عدة خلايا لا تلبث أن تتكتل وتتميز إلى جسم مفلطح ينمو على شكل قلبى فوق التربة الرطبة يعرف بالطور المشيجي، وهو يتميز بأن سطحه السفلى يوجد به ما يلي:

السفلى أشباه جذور لامتصاص الماء والأملاح.

❖ أشبـاه جذور: تنمو على مؤخرة السطح السفلى للطور المشيجى كزوائد لامتصاص الماء والأملاح.

❖ زوائد تناسلية: تنمو على مقدمة السطح السفلى للطور المشيجي، وهى نوعان:

- الأنثريديا Antheridia (ن): مناسل مذكرة تنتج الأمشاج المذكرة (السابحات المهدبة) (ن).
- الأرشيجونيا Archegonia (ن): مناسل مؤنثة تنتج الأمشاج المؤنثة (البويضات) (ن).

- بعد نضـج الأنثريديا تتحرر منه الأمشـاج الذكرية (السـابحات المهدبة) لتسـبح فوق مياه التربة حتى تصل إلى الأرشيجونيا الناضجة وذلك لإخصاب البويضة بداخلها فتتكون اللاقحة (٢ن).
- تنقسم اللاقحة متميزة إلى نبات جرثومى جديد ينمو فوق النبات المشيجى.
- يعتمد النبات الجرثومى فترة قصيرة على النبات المشيجي، حتى يكون لنفسه جذورًا وساقًا وأوراقًا.
- يتلاشى النبات المشيجى وينمو النبات الجرثومى ليعيد دورة الحياة.

## - مقارنة بين الطور الجرثومى والطور المشيجى فى الفوجير:

| الطور الجرثومى فى نبات الفوجير | الطور المشيجى فى نبات الفوجير |
|---|---|
| - يتكون من جذور عرضية وساق وريزومة وأوراق تحمل على سطحها السفلى بثرات بها حوافظ جرثومية تحتوى على العديد من الخلايا الجرثومية. | - جسم مفلطح قلبى الشكل يحمل على مؤخرة سطحه السفلى أشباه جذور لامتصاص الماء والأملاح وتنمو على مقدمة نفس السطح زوائد تناسلية مذكرة (الأنثريديا) ومؤنثة (الأرشيجونيا). |
| - ثنائى المجموعة الصبغية (٢ن) حيث إنه يتكون بالتكاثر الجنسى بإخصاب السابحة المهدبة (ن) للبويضة (ن) فتتكون اللاقحة (٢ن) التى تنقسم ميتوزيًا متميزة إلى نبات جرثومى. | - أحادى المجموعة الصبغية (ن) حيث إنه يتكون من إنبات الجرثومة (ن)، أى أنه يتكون من تكاثر لاجنسى. |
| - يتكاثر لاجنسيًا بالجراثيم التى تتكون بالانقسام الميوزى للخلايا الجرثومية (٢ن) فى الحوافظ الجرثومية. | - يتكاثر جنسيًا بالأمشاج المذكرة و المؤنثة التى تتكون بالانقسام الميتوزى فى الزوائد التناسلية. |
| - يستمر نمو الطور الجرثومى ليعيد دورة الحياة. | - يتلاشى الطور المشيجى بعد نمو الطور الجرثومى. |

## - مقارنة بين المناسل المذكرة والمؤنثة للفوجير:

| | الأنثريديا ♂ | الأرشوجونيا ♀ |
|---|---|---|
| التعريف | المناسل المذكرة فى النبات المشيجى للسراخس (كزبرة البئر - الفوجير). | المناسل المؤنثة فى النبات المشيجى للسراخس مثل (الفوجير - كزبرة البئر). |
| المكان | مقدمة السطح السفلى للنبات المشيجى. | مقدمة السطح السفلى للنبات المشيجى. |
| الوظيفة | تكوين السابحات المهدبة بالانقسام الميتوزى. | تكوين البويضات بالانقسام الميتوزى. |
| الرسم | | |

**ملحوظة:** الحوافظ الجرثومية (٢ن) ← تحتوى على ← خلايا جرثومية (٢ن) ← تنقسم ميوزيًا لتعطى ← جراثيم (ن).

## أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتي:

١ وضوح ظاهرة تبادل الأجيال فى دورة حياة نبات الفوجير.
لأنه يتعاقب (يتبادل) فى دورة حياة نبات الفوجير طور جرثومى (٢ن) يتكاثر لا جنسيًا بالجراثيم مع طور مشيجى (ن) يتكاثر جنسيًا بالأمشاج.

٢ للماء دور هام فى دورة حياة السراخس.
- يساعد على إنبات الجراثيم الناضجة بعد تحررها حيث تنبت مكونة كتلة من الخلايا لا تلبث أن تتكتل مكونة نبات مفلطح قلبى الشكل يعرف بالطور المشيجى.
- إتمام عملية الإخصاب حيث تسبح السابحات المهدبة فوق مياه التربة حتى تصل للأرشيجونيا الناضجة لإتمام عملية إخصاب البويضة وتكوين اللاقحة التى تنقسم متميزة إلى نبات جرثومى.

٣ تختلف جراثيم فطر عفن الخبز عن جراثيم نبات الفوجير..
(أو) تختلف الجراثيم باختلاف نوع الكائن الحى.
حيث إن الجراثيم فى فطر عفن الخبز تتكون داخل الحوافظ الجرثومية بالانقسام الميتوزى وبعد نضجها تتحرر من الحوافظ و تنتشر فى الهواء وعند وصولها لوسط مناسب للنمو تمتص الماء ويتشقق جدارها وتنقسم عدة مرات ميتوزيًا حتى تنمو إلى فطر كامل، بينما الجراثيم فى السرخسيات كالفوجيرتتكون بالانقسام الميوزى للخلايا الجرثومية وعند نضجها تتحرر من الحوافظ وعندما تسقط على تربة رطبة تنبت مكونة طور مشيجى وليس طور جرثومى.

٤ قد يتم التكاثر الجنسى رغم وجود فرد واحد.
حيث يحدث ذلك في:
- طحلب الإسبيروجيرا فى حالة حدوث اقتران جانبى بين الخلايا المتجاورة على نفس الخيط الطحلبى.
- النبات المشيجى فى نبات الفوجير؛ حيث يحمل الأنثريديا والأرشيجونيا أى أعضاء التذكير والتأنيث معًا.
- الزهرة الخنثي؛ حيث تحتوى على أعضاء التذكير (الطلع) وأعضاء التأنيث (المتاع) معًا.(ستتم دراسته فيما بعد)

٥ تظهر ظاهرة التطفل بوضوح فى دورة حياة نبات من السرخسيات كالفوجير.
لأن النبات الجرثومى الجديد يعتمد لفترة قصيرة على النبات المشيجى حتى يكون نفسه جذورًا وساقًا وأوراقًا ثم يتلاشى النبات المشيجى وينمو النبات الجرثومى ليعيد دورة الحياة من جديد.

٦ ينمو نبات كزبرة البئر على حواف الآبار و القنوات الظليلة.
لوفرة الماء اللازم لإنبات الجراثيم الناضجة بعد تحررها من الحوافظ الجرثوية مكونًا طور مشيجى (ن) لتستمر دورة الحياة من جديد بالإضافة إلى أن السابحات المهدبة تنتقل فوق المياه حتى تصل إلى البويضة فى الأرشيجونيا الناضجة لإتمام الإخصاب وتكوين طور جرثومى جديد.

## ما الملاءمة الوظيفية:

السابحات المهدبة فى دورة حياة الفوجير ؟
١- مزودة بأهداب (وسيلة الحركة) تمكنها من الانتقال فوق مياه التربة حتى تصل للبويضة داخل الأرشيجونيا الناضجة لإتمام عملية الإخصاب.
٢- تنتج بأعداد كبيرة؛ لإمكانية فقد معظمها أثناء رحلتها للوصول للمشيج الأنثوى (البويضة).
٣- أحادية المجموعة الصبغية وعند الإخصاب يندمج أحد السابحات المهدبة (ن) مع البويضة (ن) لتكوين لاقحة (٢ن) تنقسم ميتوزيًا لتعطى طور جرثومى جديد (٢ن) ليعيد دورة الحياة من جديد.

## أسئلة متنوعة

١ اذكر ٣ أمثلة لكائنات متطفلة فى ضوء دراستك.
- بلازموديوم الملاريا يتطفل على الإنسان وأنثى بعوضة الأنوفيليس.
- الطور الجرثومى النامى يتطفل على الطور المشيجى لفترة فى دورة حياة السرخسيات كالفوجير.
- فيروس البكتيريوفاج يتطفل على البكتيريا. (سيتم دراسته في الدرس الأول من DNA)

٢ ما مدى صحة العبارة التالية: كل صور التكاثر اللاجنسى تعتمد على الانقسام الميتوزى؟

غير صحيحة؛ حيث إنه قد يحدث تكاثر لاجنسى عن طريق الانقسام الميوزى وليس الميتوزى كما في:
- التوالد البكرى الطبيعى فى ملكة نحل العسل حيث تنتج بيضًا (ن) ينمو دون إخصاب مكونًا ذكورًا (ن).
- التوالد البكرى الصناعى كما فى (الضفدعة، نجم البحر، الأرانب) حيث تنتج بويضات (ن) بالانقسام الميوزى يتم تنشيطها بتعريضها لصدمة حرارية أو كهربية أو لإشعاع أو الرج أو الوخز بالإبر أو فى محلول ملحى فتتضاعف الصبغيات مكونة أفراد ثنائية المجموعة الصبغية تشبه الأم تمامًا فى جميع صفاتها الوراثية والجنس.
- التكاثر بالجراثيم فى الطور الجرثومى للفوجير؛ حيث تنتج الجراثيم بالانقسام الميوزى وعندما تسقط على تربة رطبة تنبت مكونة طور مشيجى.

٣ ما مدى صحة العبارة التالية: كل صور التكاثر الجنسى تعتمد على الانقسام الميوزي؟

غير صحيحة؛ لأنه قد يحدث تكاثر جنسى عن طريق انقسام ميتوزى وليس ميوزيًا فقط كما في:
- دورة حياة بلازموديوم الملاريا: حيث تنتج الأطوار المشيجية (ن) بالانقسام الميتوزى للميروزويتات داخل كريات الدم الحمراء ثم تندمج بعد نضجها فىمعدة البعوضة مكونة لاقحة (٢ن).
- دورة حياة سرخس الفوجير: حيث تنتج الأنثريديا (ن) السابحات المهدبة (ن) والأرشيجونيا (ن) البويضات (ن) بالانقسام الميتوزى ثم تندمج معًا مكونة لاقحة (٢ن).

٤ اذكر ٣ أمثلة لتكاثر جنسى لا يؤدى إلى تنوع فى صفات الأفراد الناتجة عنه.
- الاقتران الجانبى فى طحلب الإسبيروجيرا.
- التكاثر الجنسى بالأمشاج فى الطور المشيجى لسراخس الفوجير.
- التكاثر الجنسى بالأطوار المشيجية فى بلازموديوم الملاريا.

٥ تلجأ بعض الكائنات الحية فى الظروف غير المناسبة إلى إتمام وظيفة التكاثر بطريقة معينة. دلل على ذلك بمثالين أحدهما يتكاثر جنسيًا و الأخر لاجنسيًا.
- جنسياً: طحلب الإسبيروجيرا يلجأ إلى الاقتران (سلمى أو جانبي).
- لاجنسيًا: الأميبا تلجأ إلى التحوصل و الانشطار الثنائى المتكرر.

٦ ما مدى صحة العبارة: قد يحدث تكاثر جنسى دون الحاجة لأمشاج.

صحيحة؛ لأن ذلك يحدث فى التكاثر الجنسى بالاقتران فى طحلب الإسبيروجيرا حيث تندمج المكونات الحية (البروتوبلازم) الخاص بكل خليتين معًا لتكوين اللاقحة الجرثومية دون الحاجة إلى أمشاج.

٧ قد يحدث انقسام ميوزى ولا ينتج عنه أمشاج.. اذكر ثلاثة أمثلة مختلفة توضح ذلك.

١- نواة الزيجوسبور تنتج أربع أنوية يتحلل منها ثلاثة وتبقى الرابعة تنقسم ميتوزيًا لإنبات خيط جديد فى الإسبيروجيرا.

٢- الطور الحركى لبلازموديوم الملاريا تنتج كيس بيض.

٣- الخلايا الجرثومية فى الفوجير تنتج جراثيم.

## قارن بين:

قارن بين لعاب أنثى أنوفيليس مصابة، وعينة دم لإنسان مصاب بحمى الملاريا من حيث التركيب الأساسى.

| وجه المقارنة | لعاب أنثى الأنوفيليس مصابة | عينة دم إنسان مصاب بحمى الملاريا |
|---|---|---|
| التركيب الأساسى للطفيل تحت المجهر | أشكال مغزلية دقيقة تعرف بالأسبوروزويتات. | الميروزويتات والأطوار المشيجية. |

## أسئلة بنظام Open Book

**اختر الإجابة الصحيحة فيما يأتي:**

١- من حقيقيات النواة التي تتكاثر لاجنسيا بالإنشطار الثنائي ........

(أ) بكتيريا إيشريشيا كولاي (ب) البراميسيوم (جـ) فطر عيش الغراب (د) الفوجير

٢- التكاثر اللاجنسي شائع في عالم النبات ؛ جميع صور التكاثر اللاجنسي مكلفة بيولوجيا ........

(أ) العبارتان صحيحتان وبينهما علاقة (ب) العبارة الأولي صحيحة والثانية خطأ
(جـ) العبارة الأولي خطأ والثانية صحيحة (د) العبارتان خطأ

٣- الفطريات من حقيقيات النواة ؛ جميع الفطريات تتكاثر لاجنسيا ........

(أ) العبارتان صحيحتان وبينهما علاقة (ب) العبارة الأولي صحيحة والثانية خطأ
(جـ) العبارة الأولي خطأ والثانية صحيحة (د) العبارتان خطأ

٤- نوع الانقسام السائد في دورة حياة طحلب الإسبيروجيرا عند وفرة المياة ........

(أ) ميوزي فقط (ب) ميتوزي فقط (جـ) ميوزي ثم ميتوزي (د) ميتوزي ثم ميوزي

٥- نوع الانقسام السائد في دورة حياة طحلب الإسبيروجيرا عند جفاف البركة ........

(أ) ميوزي فقط (ب) ميتوزي فقط (جـ) ميوزي ثم ميتوزي (د) ميتوزي ثم ميوزي

٦- يتكاثر نجم البحر ..............

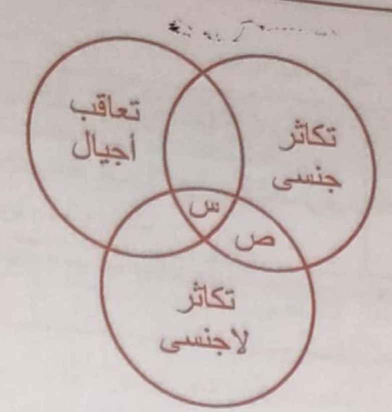
(أ) لاجنسيا بالتجدد فقط (ب) لاجنسيا بالتوالد البكري الصناعي فقط (جـ) الأولي والثانية (د) لاجنسيا وجنسيا

**الإجابة:** ١- (ب) ٢- (ب) ٣- (ب) ٤- (ب) ٥- (جـ) ٦- (د)



## أسئلة بنظام Open Book

### الشكل (١)




١- بفرض أن الكائن الحي (ص) عديد الخلايا غير ذاتي التغذية فإن الاحتمال الأقرب أن يكون ........

Ⓐ هيدرا فقط Ⓑ إسفنج فقط Ⓒ هيدرا وإسفنج Ⓓ هيدرا وبلازموديوم

٢- بفرض أن الكائن الحي (ص) عديد الخلايا ذاتي التغذية فإن الاحتمال الأقرب أن يكون ........

Ⓐ هيدرا Ⓑ طحلب الإسبيروجيرا Ⓒ بلازموديوم الملاريا Ⓓ الفوجير

٣- الاحتمال الأكبر أن يكون الكائن الحي (س) هو ........

Ⓐ كزبرة البئر فقط Ⓑ بلازموديوم الملاريا فقط Ⓒ الأولي والثانية Ⓓ الهيدرا والإسفنج

**الإجابة:** ١- Ⓒ ٢- Ⓑ ٣- Ⓒ

### الشكل (٢)

الشكل المقابل يوضح تتابع المحتوي الجيني للمادة الوراثية علي مدار جيلين متتالين لبعض الكائنات الحية.

ادرس الشكل جيدا ثم أجب.

عدد المجموعات الصبغية
٢ن
ن
أبناء آباء (أ)
أبناء آباء (ب)
أبناء آباء (ج)
أبناء آباء (د)

١- من المحتمل أن يكون الكائن (أ) هو .......

Ⓐ ذكر نحل العسل Ⓑ ملكة نحل العسل
Ⓒ شغالة نحل العسل Ⓓ الأولي والثانية

٢- من المحتمل أن يكون الكائن الحي (ب) هو .......

Ⓐ طحلب الإسبيروجيرا Ⓑ ذكر نحل العسل Ⓒ أنثي حشرة المن Ⓓ لا توجد إجابة صحيحة

٣- من المحتمل أن يكون الكائن الحي (ج) هو .........

Ⓐ ملكة نحل العسل Ⓑ ذكر نحل العسل Ⓒ أنثي حشرة المن Ⓓ شغالة نحل العسل

٤- من المحتمل أن يكون الكائن الحي (د) هو .........

Ⓐ طحلب الإسبيروجيرا Ⓑ ملكة نحل العسل Ⓒ أنثي حشرة المن Ⓓ لا توجد إجابة صحيحة

٥- الكائن الذى لا يعبر عنه أيًا من الأشكال السابقة يحتمل أن يكون:

Ⓐ ذكر نحل العسل Ⓑ أنثى حشرة المن Ⓒ ملكة نحل العسل Ⓓ شغالة نحل العسل

**الإجابة:** ١- Ⓑ ٢- Ⓒ ٣- Ⓑ ٤- Ⓐ ٥- Ⓓ

# التكاثر فى النبات الزهرية

## خصائص النباتات الزهرية

1. نباتات بذرية تعرف بمغطاة البذور ... **علل؟** ؛ لأن بذورها تنشأ داخل غلاف ثمرى.
2. تنتشر فى البيئات المختلفة.
3. تتفاوت فى الحجم من أعشاب صغيرة إلى أشجار ضخمة.
4. تمتلك عضو تكاثر متخصص يعرف بـ«**الزهرة**».

**الزهرة**

عضو التكاثر الجنسى فى النباتات الزهرية وهى ساق قصيرة تحورت أوراقها لتكوين الأجزاء الزهرية المختلفة قد تكون ذات قنابة أو بدون قنابة، معنقة (تحمل على عنق) أو جالسة (لا تحمل على عنق).

**القنابة**

ورقة تخرج من إبطها الزهرة تختلف فى الشكل و اللون من نبات لآخر قد تكون خضراء أو حرشفية أو غير ذلك.

## منشأ الأزهار




**النورات**

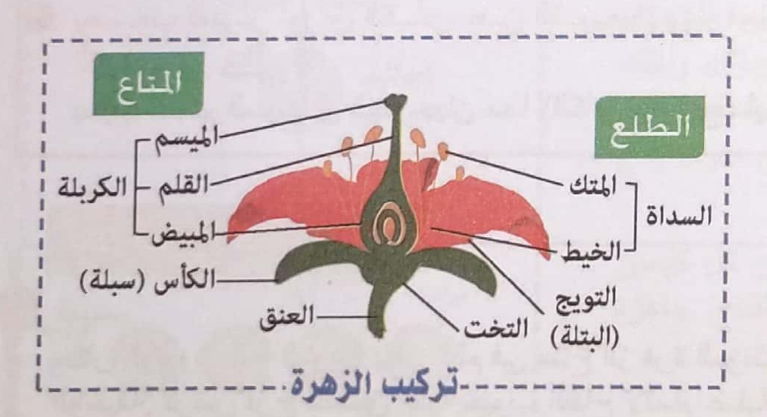
تجمعات من الأزهار على المحور الزهرى فى تنظيمات متنوعة.

## تركيب الزهرة

تتركب الزهرة النموذجية أو الكاملة (الخنثى)، مثل **الفول، التفاح، البصل، البيتونيا** من أربعة محيطات زهرية تتبادل أوراق كل منها مع أوراق المحيط الذى يليه، **وهى كالتالى:** الكأس والتويج والطلع والمتاع.

**الزهرة النموذجية = الزهرة الكاملة = الزهرة الخنثى**

زهرة تحتوى على أربع محيطات زهرية (كأس - تويج - طلع - متاع) حيث تتبادل أوراق كل محيط مع أوراق المحيط الذى يليه مثل زهرة الفول، التفاح، البصل، البيتونيا.



تركيب الزهرة

- مقارنة بين تراكيب الزهرة النموذجية:

| | التكوين | الوظيفة |
|---|---|---|
| الكأس (المحيط الخارجى للزهرة) | - يتكون من: أوراق خضراء تسمى السبلات Sepals. | - حماية أجزاء الزهرة الداخلية من عوامل الجفاف أو الأمطار أو الرياح. |
| التويج (يلى الكأس للداخل) | - يتكون من: صف واحد أو أكثر من أوراق ملونة تسمى البتلات Patals. | - حماية الأجزاء الجنسية للزهرة. - جذب الحشرات لإتمام عملية التلقيح. |
| الطلع (عضو التذكير فى الزهرة) | - يتكون من: أوراق متعددة تسمى الأسدية Stamens كل منها مكون من: - الخيط Filament: يحمل على قمته انتفاخ يسمى المتك. - المتك Anther: يحتوى على أربعة أكياس من حبوب اللقاح. | - إنتاج حبوب اللقاح (الأمشاج المذكرة). المتك الخيط سداة |
| المتاع (عضو التأنيث فى الزهرة وهو يقع فى مركزها) | - يتكون من: كربلة Carpel واحدة أو أكثر قد تلتحم أو تبقى منفصلة، وقد تحتوى غرفة واحدة أو أكثر وكل منها عبارة عن: - المبيض Ovary: قاعدة الكربلة وهى منتفخة تحتوى على البويضات. - القلم Style: عنق رفيع يعلو المبيض وينتهى بالميسم. - الميسم Stigma: قرص لزج تلتصق عليه حبوب اللقاح. | - إنتاج البويضات (الأمشاج المؤنثة). الميسم القلم المبيض كربلة |

ملحوظة

يصعب تمييز أوراق الكأس عن التويج فى أزهار معظم نباتات الفلقة الواحدة، مثل: البصل التيوليب ... علل؟

بسبب التحام المحيطان الخارجيان معًا (الكأس والتويج) ليكونا ما يُعرف بـ«غلاف زهري **Perianth**».

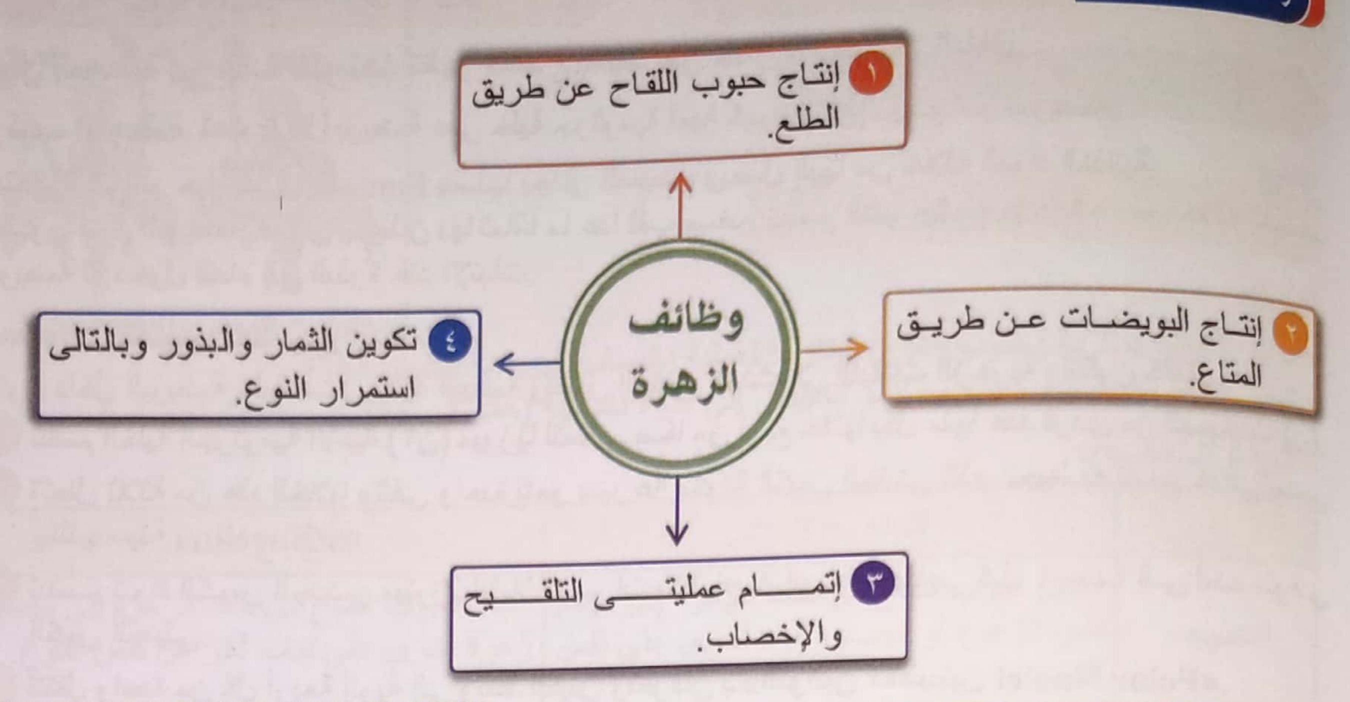
اذكر مكان وجود ووظيفة:

الميسم.

مكان الوجود: قمة الكربلة يعلو القلم فى متاع الزهرة المؤنثة أو الخنثى.

الوظيفة: قرص لزج تلتصق عليه حبوب اللقاح لإتمام عملية إنبات حبة اللقاح والإخصاب.

## وظائف الزهرة




### ١ إنتاج حبوب اللقاح عن طريق الطلع

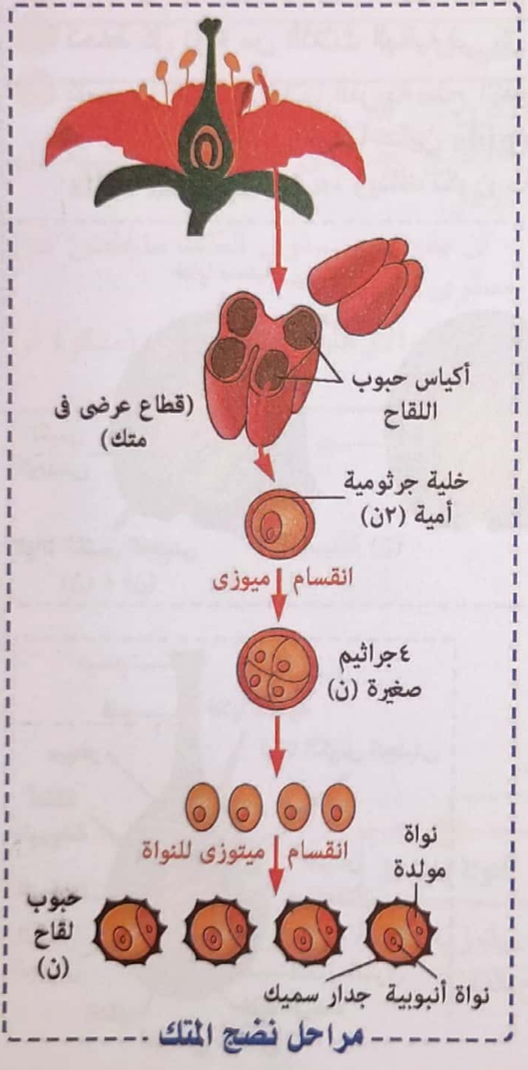
عند فحص قطاع عرضى فى متك ناضج لأحد الأسدية كبيرة الحجم كما الزنبق نشاهد أن المتك يحتوى على أربعة أكياس لحبوب اللقاح يتم فيها تكوين حبوب اللقاح كالتالى:

١ أثناء نمو الزهرة تكون هذه الأكياس (قبل أن تتكون حبوب اللقاح) مليئة بخلايا كبيرة الأنوية تحتوى على عدد زوجى من الصبغيات (٢ن) تسمى **الخلايا الجرثومية الأمية**.

٢ تنقسم كل خلية جرثومية أمية (٢ن) انقسامًا ميوزيًا لتكون أربع خلايا بكل منها عدد فردى من الصبغيات (ن) تسمى **«الجراثيم الصغيرة Microspores»**.

٣ تنقسم نواة كل جرثومة صغيرة انقسامًا ميتوزيًا إلى نواتين تعرف إحداهما بـ«النواة الأنبوبية Tube nucleus» والأخرى بـ«النواة المولدة Generative nucleus» وبذلك تتكون حبة اللقاح ثم يتغلظ غلافها مكونًا جدار سميك لحمايتها، وبذلك ينتج عن كل خلية جرثومية أمية (٢ن) أربع حبوب لقاح ناضجة (ن).

٤ يصبح المتك ناضجًا، ويتحلل الجدار الفاصل بين كل كيسين متجاورين وتتفتح الأكياس وتصبح حبوب اللقاح جاهزة للانتشار.




مراحل نضج المتك

## ٢ إنتاج البويضات عن طريق المتاع

**شكل البويضة فى بداية تكوينها:** تظهر كانتفاخ بسيط على جدار المبيض من الداخل.

**تركيب البويضة:** تحتوى كل بويضة على خلية جرثومية أمية كبيرة (٢ن)، ومع نمو البويضة:

- يتكون عنق أو حبل سرى Funicle يصلها بجدار المبيض ويصل إليها من خلاله المواد الغذائية.
- يتكون حول البويضة غلافان يحيطان بها تمامًا ما عدا ثقب صغير يسمى النقير Micropyle يتم من خلاله إخصاب البويضة ثم دخول الماء إلى البذرة عند الإنبات.

### خطوات تكوين المشيج المؤنث:

تتكون داخل البويضة خلية تسمى خلية البيضة وتعتبر المشيج المؤنث فى النباتات الزهرية وتتكون كالتالى:

١ تنقسم الخلية الجرثومية الأمية (٢ن) ميوزيًا لتعطى صفًا من أربع خلايا بكل منها عدد فردى من الصبغيات (ن).

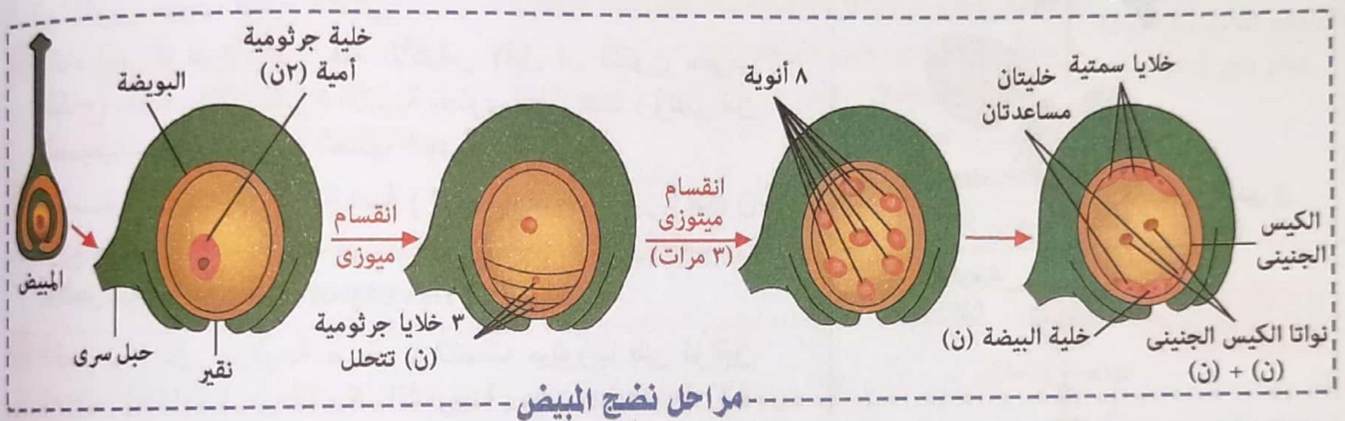
٢ تتحلل ثلاثة من هذه الخلايا وتبقى واحدة تنمو بسرعة مكونة الكيس الجنينى الذى يحيط به نسيج غذائى يسمى **«النيوسيلة Nucellus»**.

٣ تنقسم نواة الكيس الجنينى ميتوزيًا ثلاث مرات لإنتاج ٨ أنوية، تهاجر كل ٤ منها إلى أحد طرفى الكيس الجنينى.

٤ تنتقل واحدة من كل أربعة أنوية إلى وسط الكيس وتعرفان بـ**«النواتين القطبيتين Polar Nuclei»**.

٥ تحاط كل نواة من الثلاث الباقية فى كل طرف بكمية من السيتوبلازم وغشاء رقيق لتكون خلايا.

٦ تنمو من الثلاث خلايا القريبة منح النقير واحدة وسطية لتصبح خلية البيضة وتعرف الخليتان الموجودتان على جانبيها بـ**«الخليتين المساعدتين Synergids»**، كما تعرف الخلايا الثلاث البعيدة عن النقير بـ**«الخلايا السمتية Antipodal cells»**، وبذلك تكون خلية البيضة جاهزة للإخصاب.




مراحل نضج المبيض




مبيض ناضج




بويضة ناضجة

## ٣ إتمام عمليتى التلقيح والإخصاب

### أ التلقيح فى النباتات الزهرية

**التلقيح**

عملية انتقال حبوب اللقاح من المتك إلى ميسم الزهرة.

التلقيح الذاتى والتلقيح الخلطى

**أهميته**

- توفير الخلايا الذكرية (حبوب اللقاح) اللازمة لعملية إخصاب البويضة لتكوين البذرة.
- تحفيز نشاط الأوكسينات اللازمة لنمو المبيض إلى ثمرة ناضجة (حتى فى حالة عدم حدوث إخصاب).

**ـ أنواع التلقيح:**

| | التلقيح الذاتى | التلقيح الخلطى |
|---|---|---|
| التعريف | انتقال حبوب اللقاح من متك الزهرة إلى ميسم نفس الزهرة أو ميسم زهرة أخرى على نفس النبات. | انتقال حبوب اللقاح من متك الزهرة إلى ميسم زهرة أخرى على نبات آخر من نفس النوع. |
| الشيوع | أقل شيوعًا. | أكثر شيوعًا. |
| شروط الحدوث | ▪ تكون الأزهار خنثى بشرط:<br>- نضج شقى الأعضاء الجنسية فى نفس الوقت.<br>- أن يكون مستوى المتك مرتفع عن مستوى الميسم. | ١ تكون الأزهار خنثى بشرط:<br>- نضج أحد شقى الأعضاء الجنسية قبل الآخر.<br>- أن يكون مستوى المتك منخفض عن مستوى الميسم.<br>٢ أن تكون الأزهار وحيدة الجنس (مذكرة أو مؤنثة). |

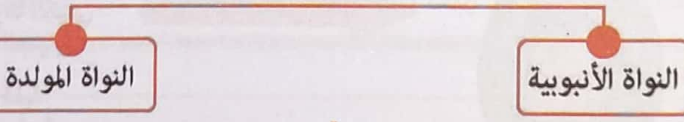
**وسائل نقل حبوب اللقاح فى التلقيح الخلطى:**

١- الهواء. ٢- الماء.
٣- الحشرات. ٤- الإنسان.

### ب الإخصاب فى النباتات الزهرية

يتم على خطوتين:

١ إنبات حبة اللقاح: عندما تسقط حبة اللقاح على الميسم يحدث الآتى:




- تكون أنبوبة لقاح تخترق الميسم والقلم حتى تصل إلى موقع ثقب النقير فى المبيض ثم تتلاشى النواة الأنبوبية.
- تنقسم انقسامًا ميتوزيًا مكونة نواتين ذكريتين داخل حبة اللقاح النابتة.




مراحل إنبات حبة لقاح

٢ الإخصاب المزدوج: يتم على مرحتين، هما:

**إخصاب خلية البيضة**

- تنتقل النواة الذكرية الأولى (ن) من حبة اللقاح إلى البويضة من خلال أنبوبة اللقاح ثم تندمج مع نواة خلية البيضة (ن) فيتكون زيجوت (٢ن) ينقسم ميتوزيًا مكونًا جنين.

- نواة ذكرية (ن) + نواة البيضة (ن) ←(إخصاب) زيجوت (٢ن) ←(انقسام ميتوزى) جنين (٢ن)

**الاندماج الثلاثى**

- تنتقل النواة الذكرية الثانية (ن) من حبة اللقاح إلى داخل الكيس الجنينى من خلال أنبوبة اللقاح ثم تندمج مع النواة الناتجة من اندماج نواتا الكيس الجنينى (٢ن) لتكوين نواة الإندوسبرم (٣ن) تنقسم ميتوزيًا لتعطى نسيج الإندوسبرم الذى يغذى الجنين فى مراحل نموه الأولى داخل البذرة.

- نواة ذكرية (ن) + نواتا الكيس الجنينى (ن) + (ن) ←(اندماج ثلاثى) نواة الإندوسبرم (٣ن)

**الإخصاب المزدوج**

اندماج إحدى النواتين الذكريتين (ن) من حبة اللقاح مع نواة خلية البيضة (ن) لتكوين الزيجوت (٢ن) الذى ينقسم مكونًا الجنين (٢ن)، واندماج النواة الذكرية الأخرى (ن) مع النواة الناتجة من اندماج نواتا الكيس الجنينى (النواتان القطبيتان) كل منهما (ن) لتكوين نواة الإندوسبرم (٣ن) التى تنقسم لتعطى نسيج الإندوسبرم.




الإخصاب المزدوج




## - مقارنة بين النيوسيلة والإندوسبرم:

| وجه المقارنة | النيوسيلة | الإندوسبرم |
|---|---|---|
| مكان الوجود | تحيط الكيس الجنينى داخل مبيض الزهرة. | يحيط بالجنين داخل البذرة. |
| الأهمية | نسيج غذائى يمد البويضة بالغذاء. | تغذية الجنين فى مراحل نموه الأولى. |
| المجموعة الصبغية | ثنائى المجموعة الصبغية. | ثلاثى المجموعة الصبغية (٣ن). |
| وقت التكوين | قبل حدوث الإخصاب المزدوج. | بعد حدوث الإخصاب المزدوج. |

### ملحوظات

- وسيلتان لتغذية البويضة داخل المبيض:
  ١- العنق (الحبل السري) الذى يصل البويضة بجدار المبيض ويصل إليها من خلاله المواد الغذائية.
  ٢- النيوسيلة: نسيج غذائى يمد البويضة والكيس الجنينى بالغذاء.
- تنقسم الخلية الجرثومية الأمية فى متك الزهرة انقسامًا ميوزيًا ... علل ؟
  لتكون أربع خلايا بكل منها عدد فردى من الصبغيات (ن) تسمى الجراثيم الصغيرة تنقسم نواة كل منها انقسامًا ميتوزيًا إلى نواتين (أنبوبية - مولدة) لتكون أربع حبوب لقاح أحادية المجموعة الصبغية (ن).

### فى ضوء المقارنة بين النباتات الزهرية والنباتات السرخسية.. فسر ما يأتى:

١ يختلف هدف التلقيح فى النباتات السرخسية عن التلقيح فى النباتات الزهرية.
لأن عملية التلقيح فى النباتات الزهرية توفر الخلايا الذكرية اللازمة لإخصاب البويضة لتكوين البذرة كما تحفز نشاط الأوكسينات اللازمة لنمو المبيض إلى ثمرة ناضجة حتى لو لم يحث إخصاب، بينما التلقيح فى النباتات السرخسية تؤدى إلى حدوث الإخصاب فقط لتكوين نبات جرثومى يعيد دورة الحياة من جديد.

٢ الإخصاب فى النباتات الزهرية أكثر تعقيدًا من الإخصاب فى النباتات السرخسية.
لأن الإخصاب فى النباتات الزهرية إخصاب مزدوج تندمج فيه إحدى النواتين الذكريتين من حبة اللقاح مع نواة خلية البيضة لتكوين زيجوت ينقسم ميتوزيًا مكونًا جنين، و تندمج النواة الذكرية الأخرى مع النواة الناتجة من اندماج نواتا الكيس الجنينى مكونة نواة الإندوسبرم (٣ن) تنقسم لتكوين نسيج إندوسبرم، بينما الإخصاب فى النباتات السرخسية يتم بانتقال السابحات المهدبة فوق مياه التربة إلى البويضة داخل الأرشيجونيا الناضجة لتكوين زيجوت ينقسم ميتوزيًا مكونًا طور جرثومى جديد.

٣ التلقيح فى النباتات الزهرية أكثر سهولة من التلقيح فى النباتات السرخسية.
بسبب تعدد وسائل التلقيح التى يمكن أن تنتقل خلالها حبوب اللقاح من المتك إلى الميسم فى النباتات الزهرية مثل الماء، الهواء، الحشرات، الإنسان بينما تقتصر وسيلة التلقيح فى النباتات السرخسية على الماء فقط.

### ماذا يحدث عند:

- إحاطة البويضة فى النباتات أثناء تكوينها بغلافيها إحاطة تامة ؟
  (أو) إحاطة الكيس الجنينى تمامًا بغلافى الكيس الجنينى ؟
  لن يتكون ثقب النقير وبالتالى لن يحدث إخصاب للبويضة فلا تتكون البذرة ولكن قد تتكون ثمرة.

## ٤ تكوين الثمار والبذور

بعد حدوث الإخصاب يذبل الكأس والتويج والطلع والقلم والميسم، ولا يبقى من الزهرة سوى مبيضها.

### مقارنة بين تكوين الثمرة وتكوين البذرة:

| تكوين الثمرة | تكوين البذرة |
|---|---|
| - يختزن المبيض الغذاء فيكبر فى الحجم وينضج متحولاً إلى ثمرة بفعل الهرمونات (أوكسينات) التى يفرزها المبيض. | - تتكون نتيجة إخصاب البيضة والاندماج الثلاثى ثم تتحلل الخليتان المساعدتان والخلايا السمتية ويبقى ثقب النقير ليدخل منه إلى الماء البذرة عند الإنبات. |
| - يصبح جدار المبيض غلافًا للثمرة. | - يصبح جدار البويضة غلافًا للبذرة. |
| - قد تتكون نتيجة التلقيح فقط أو التلقيح والإخصاب معًا. | - تتكون نتيجة الإخصاب المزدوج ولا تتكون نتيجة التلقيح فقط. |

### مقارنة بين الثمرة الحقيقية والثمرة الكاذبة:

| الثمرة الحقيقية | الثمرة الكاذبة |
|---|---|
| - هى الثمرة التى يتشحم فيها المبيض بالغذاء بفعل الهرمونات (الأوكسينات) التى يفرزها المبيض. | - هى الثمرة التى يتشحم فيها أى جزء غير مبيضها بالغذاء. |
| - مثل: الباذنجان والرمان والقرع والبلح. | - مثل: ثمرة التفاح، حيث يتشحم فيها التخت وهو ما يؤكل. |

### يمكن التمييز بين نوعين من البذور كالتالى من حيث الاحتفاظ بالإندوسبرم:

| البذور الإندوسبرمية «الحبوب» | البذور اللاإندوسبرمية «البذور» |
|---|---|
| - بذور ذات فلقة واحدة. | - بذور ذات فلقتين. |
| - يحتفظ الجنين بالإندوسبرم فيظل موجودًا بها. | - يتغذى الجنين على الإندوسبرم أثناء تكوينه فيضطر النبات إلى تخزين غذاء آخر للجنين فى فلقتين. |
| - تلتحم أغلفة المبيض مع أغلفة البويضة لتكوين ثمرة بها بذرة واحدة تعرف بـ«الحبة». | - تتصلب الأغلفة البيضية لتكوين القصرة وتعرف بالبذرة. |
| - مثل: القمح والذرة. | - مثل: الفول والبسلة. |
| - يصعب فصل الثمرة عن البذرة. | - يسهل فصل الثمرة عن البذرة. |

**ملحوظة**

- يؤدى نضج الثمار والبذور إلى توقف النمو الخضرى للنبات غالبًا أو يؤدى إلى موته أحيانًا فى النباتات الحولية ... **علل؟**

بسبب:

١- استهلاك المواد الغذائية المختزنة.

٢- تثبيط نشاط الهرمونات أثناء تكوين الثمار والبذور.

هناك بعض الثمار التى تحتفظ بأجزاء من الزهرة، مثل:

- **ثمرة الرمان:** تبقى بها أوراق الكأس والأسدية.
- **ثمرة الباذنجان والبلح:** تبقى بها أوراق الكأس.
- **ثمرة القرع:** تبقى بها أوراق التويج.

## الإثمار العذرى

**الإثمار العذري**

تكوين ثمار بدون بذور لأنها تتكون بدون إخصاب ولا يعتبر تكاثر.

**أنواعه:**

- طبيعى: كما فى الموز والأناناس.
- صناعى: يتم بطريقتين:

- رش مياسم الأزهار بخلاصة حبوب اللقاح (حبوب لقاح مطحونة فى إثير كحولي)..
- استخدام أندول أو نافثول حمض الخليك..

؛ لتنبيه المبيض لتكوين ثمرة ناضجة.

### ماذا يحدث عند:

١ رش أزهار مبكرة التذكير بأندول حمض الخليك ؟

لن يحدث شىء؛ لعدم نضج المبيض والميسم لأنها زهرة مذكرة وبالتالى لن يحدث تحفيز للمبيض فلا تتكون ثمرة.

٢ رش أزهار مبكرة التأنيث بأندول حمض الخليك ؟

يتم تنبيه المبيض لتكوين ثمرة ناضجة بدون بذور (إثمار عذرى صناعي) لأنها زهرة مؤنثة.

### ملحوظات

- تتكون الأمشاج (المذكرة أو المؤنثة) فى النباتات الزهرية بانقسام ميوزى يليه انقسام ميتوزى.
- المشيج المؤنث فى النباتات الزهرية خلية البيضة وليس البويضة.
- تحتوى حبة اللقاح دائمًا على نواتين
  - قبل الإنبات ← مولدة (ن) ، أنبوبية (ن).
  - بعد الإنبات ← نواتين ذكريتين كل منهما (ن).

### أسئلة متنوعة

١ تكوين البذرة ناتج من عملية تلقيح أم إخصاب أم كليهما ؟

كليهما؛ لأن عملية التلقيح توفر الخلايا الذكرية اللازمة لإخصاب البويضة لتكوين بذرة.

٢ أيهما الهدف الأساسى لعملية التكاثر (تكوين الثمار أم تكوين البذور) ؟

تكوين البذور؛ لأنه يشترط لتكوين البذور حدوث عملية إخصاب مزدوج للزهرة بينما قد تتكون الثمار دون إخصاب (إثمار عذري) أو نتيجة التلقيح فقط، كما أن البذور هى الأفراد التى تعيد الحياة من جديد للنوع.

## أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتى:

١ تختلف وظيفة النقير فى كلا من البويضة والبذرة.
- البويضة: يتم من خلاله انتقال النواتين الذكريتين عبر أنبوبة اللقاح إلى داخل الكيس الجنينى لإتمام عملية الإخصاب المزدوج.
- البذرة: يدخل منه الماء إلى البذرة أثناء عملية الإنبات.

٢ يختلف مفهوم البيضة عن مفهوم البويضة فى النبات.
- البيضة: المشيج المؤنث فى النباتات الزهرية وتوجد داخل البويضة وبعد الإخصاب تتحول إلى جنين.
- البويضة: انتفاخ بسيط يظهر على الجدار الداخلى للمبيض تحتوى على خليتان مساعدتان وثلاث خلايا سمتية وخلية البيضة ونواتا الكيس الجنينى وبعد الإخصاب تتحول إلى بذرة.

## - مصير كل مكون من مكونات الزهرة:

| الحالة | مصير المكونات | | | |
|---|---|---|---|---|
| عدم حدوث تلقيح وإخصاب | تذبل الزهرة وتسقط. | | | |
| حدوث تلقيح فقط دون حدوث إخصاب | تحفيز الأوكسينات اللازمة لنمو المبيض إلى ثمرة ناضجة. | | | |
| حدوث تلقيح وإخصاب | **المحيطات الزهرية** | **يذبل** الكأس والتويج والطلع والمتاع عدا المبيض. | | |
| | | **قد تحتفظ** بعض الثمار بأجزاء منها (الباذنجان والبلح والرمان والقرع) | | |
| | **جدار المبيض** | يصبح غلافًا للثمرة. | | |
| | **المبيض** | يتحول إلى ثمرة. | | |
| | **جدار البويضة** | يصبح غلافًا للبذرة. | | |
| | **البويضة** | تتحول إلى: | **بذرة إندوسبرمية (حبة).** | |
| | | | **بذرة لاإندوسبرمية (بذرة).** | |
| | **خلية البيضة** | تتحول إلى جنين. | | |
| | **نواتا الكيس الجنينى** | تعطى نسيج الإندوسبرم. | يبقى فى الحبوب. | |
| | | | يتحلل فى البذور. | |
| | **الخلايا السمتية** | تتحل | | |
| | **الخليتان المساعدتان** | | | |
| | **النقير** | يبقى ليدخل منه الماء إلى البذرة عند الإنبات. | | |

## فى الزهرة المقابلة:

حدد نوع التلقيح الملائم، مع تفسير إجابتك.

تلقيح خلطى؛ لأنه مستوى المتك منخفض عن مستوى الميسم.



## إرشادات لحل المسائل

١ **بالنسبة لحبوب اللقاح:**

١ خلية جرثومية أمية (٢ن) ← (انقسام ميوزى) ← ٤ جراثيم صغيرة (ن) ← (انقسام ميتوزى للنواة) ← ٤ حبوب لقاح (ن) ← ٤ أنوية أنبوبية (ن) ، ٤ أنوية مولدة (ن) ← (انقسام ميتوزى) ← ٨ أنوية ذكرية (ن)

٢ **بالنسبة للبويضات:**

١ خلية جرثومية أمية (٢ن) ← (انقسام ميوزى) ← ٤ خلايا (ن) ← ١ خلية الكيس الجينى ، ٣ خلايا جرثومية تتحل

١ خلية الكيس الجينى ← (انقسام ميتوزى للنواة ٣ مرات) ← ٨ أنوية ← ٣ خلايا سمتية ، ٢ نواة قطبية ، ١ نواة البيضة ، ٢ خلايا مساعدة

٣ كل متك يحتوى على ٤ أكياس حبوب لقاح وكل كيس يحتوى على عدد معين من الخلايا الجرثومية الأمية.

٤ عدد الثمار = عدد المبايض.

٥ عدد البذور = عدد البويضات المخصبة.

٦ عدد الأنوية التى تشارك فى تكوين البذرة أو الحبة = ٥ أنوية (٢ نواتا الكيس الجنيني، ١ نواة البيضة، ٢ نواتين ذكريتين)

٧ عدد البويضات المخصبة فى زهرة النباتات التى تحتوى على بذرة واحدة مثل (المشمش - المانجو) = ١.

٨ عدد المجموعات الصبغية داخل البويضة الناضجة قبل الإخصاب = ٨ مجموعات (٢ مساعدة، ٣ سمتية، ٢ قطبية، ١ بيضة)

مثال (١)

يحتوى كل كيس فى متك إحدى الأزهار على ١٠ خلايا جرثومية أمية، احسب:

١- عدد حبوب اللقاح المتكونة فى كل كيس.
٢- عدد حبوب اللقاح المتكونة فى المتك.
٣- عدد الأنوية الذكرية فى حبوب اللقاح عند الإنبات.
٤- عدد الأنوية الأنبوبية فى حبوب اللقاح.
٥- عدد الجراثيم الصغيرة التى تتكون داخل المتك.

**الحل:-**

١- عدد حبوب اللقاح فى كل كيس = عدد الخلايا الجرثومية الأمية × ٤ = ١٠ × ٤ = ٤٠ حبة لقاح.
٢- ∵ المتك يحتوى على ٤ أكياس.
∴ عدد حبوب اللقاح فى المتك = ٤ × ٤٠ = ١٦٠ حبة لقاح.
٣- عدد الأنوية الذكرية فى حبوب اللقاح عند الانبات = ٢ × عدد حبوب اللقاح = ٢ × ١٦٠ = ٣٢٠ نواة ذكرية.
٤- عدد الأنوية الأنبوبية فى حبوب اللقاح = عدد حبوب اللقاح = ١٦٠ نواة أنبوبية.
٥- عدد الجراثيم الصغيرة التى تتكون داخل المتك = عدد حبوب اللقاح =١٦٠ جرثومة صغيرة.

مثال (٢)

إذا علمت أن إحدى أزهار البطيخ تحتوى على ٥ مبايض وكل مبيض يحتوى على ٥٠ بويضة، احسب:

١- عدد ثمار البطيخ الناتجة بعد الإخصاب.
٢- عدد البذور الناتجة بعد الإخصاب داخل كل ثمرة.
٣- عدد الأنوية التى تشارك فى تكوين كل بذرة.
٤- عدد الأنوية التى تشارك فى تكوين كل ثمرة.

**الحل:-**

١- عدد الثمار = عدد المبايض = ٥ ثمار.
٢- عدد البذور = عدد البويضات داخل المبيض الواحد = ٥٠ بذرة.
٣- عدد الأنوية التى تشارك فى تكوين البذرة الواحدة = ٥أنوية.
٤- عدد الأنوية التى تشارك فى تكوين الثمرة الواحدة = ٥ × ٥٠ = ٢٥٠ نواة.

مثال (٣)

بويضة تحتوى على ١٠ خلايا جرثومية أمية، احسب:

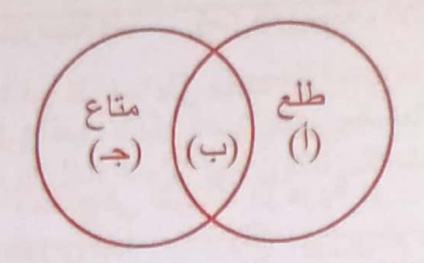
١- عدد الخلايا الجرثومية المتحللة قبل تكون الكيس الجنينى.
٢- عدد الأكياس الجنينية المتكونة.
٣- عدد الخلايا السمتية الناتجة قبل الإخصاب.
٤- عدد الخلايا المساعدة المتكونة قبل الإخصاب.
٥- عدد الأنوية القطبية قبل الإخصاب.
٦- عدد الخلايا المساعدة المتكونة بعد الإخصاب.

**:-الحل-:**

١- عدد الخلايا الجرثومية المتحللة = ٣ × ١٠ = ٣٠ خلية جرثومية.
٢- عدد الأكياس الجنينية = ١٠ أكياس.
٣- عدد الخلايا السمتية = ٣ × ١٠ = ٣٠ خلية سمتية.
٤- عدد الخلايا المساعدة = ٢ × ١٠ = ٢٠ خلية مساعدة.
٥- عدد الأنوية القطبية = ٢ × ١٠ = ٢٠ نواة قطبية.
٦- صفر (تتحلل).

## أسئلة بنظام Open Book

**١ الشكل (١)**




١- تتميز الزهرة (أ) بما يلي ماعدا ........

Ⓐ وحيدة الجنس Ⓑ يكون التلقيح فيها ذاتيًا Ⓒ يكون التلقيح فيها خلطيا

٢- الزهرة (ب) قد يحدث فيها كل مما يلي ماعدا ..........

Ⓐ تلقيح خلطي Ⓑ تلقيح ذاتي Ⓒ تتحول بويضاتها إلي ثمار Ⓓ يتحول مبيضها إلي ثمرة

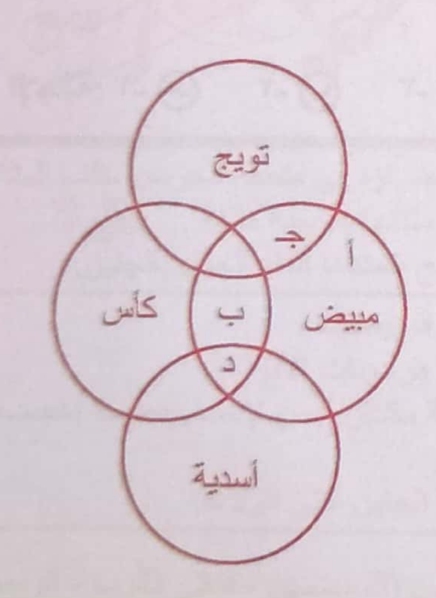
٣- تتميز الزهرة (ج) بكل مما يلي ماعدا ..........

Ⓐ يكون التلقيح فيها خلطيا فقط Ⓑ صالحة لإتمام الإثمار العذري
Ⓒ تنتج حبوب لقاح Ⓓ عدد محيطاتها الزهرية ثلاثة

**الإجابة:** ١- Ⓑ ٢- Ⓒ ٣- Ⓒ

**٢ الشكل (٢)**

الشكل المقابل يوضح احتفاظ بعض النباتات بأجزاء منها بعد إتمام الإخصاب. ادرس الشكل جيدا ثم أجب :




١- الثمرة (أ) قد تكون .......

Ⓐ القرع Ⓑ الرمان Ⓒ الباذنجان Ⓓ البسلة

٢- الثمرة (ب) قد تكون .........

Ⓐ القرع Ⓑ الباذنجان Ⓒ البسلة Ⓓ الرمان

٣- الثمرة (ج) قد تكون ..........

Ⓐ القرع Ⓑ الرمان Ⓒ البسلة Ⓓ البازنجان

٤- الثمرة (د) قد تكون ..........

Ⓐ القرع Ⓑ الرمان Ⓒ الفول Ⓓ البازنجان

**الإجابة:** ١- Ⓓ ٢- Ⓑ ٣- Ⓐ ٤- Ⓑ

## أسئلة بنظام Open Book

**٣ اختر الإجابة الصحيحة فيما يلى:**

١- زهرة البيتونيا وحيدة طرفية ؛ تعتبر زهرة خنثي نموذجية
(أ) العبارتان صحيحتان وبينهما علاقة (ب) العبارة الأولي صحيحة والثانية خطأ
(جـ) العبارة الأولي خطأ والثانية صحيحة (د) العبارتان خطأ

٢- النيوسيلة نسيج غذائي يمد البويضة بالغذاء ؛ يتكون النيوسيلة بعد الإخصاب المزدوج
(أ) العبارتان صحيحتان وبينهما علاقة (ب) العبارة الأولي صحيحة والثانية خطأ
(جـ) العبارة الأولي خطأ والثانية صحيحة (د) العبارتان خطأ

٣- من وسائل تغذية البويضة داخل المبيض ........
(أ) الحبل السري فقط (ب) النيوسيلة فقط (جـ) النيوسيلة والإندوسبرم (د) النيوسيلة والحبل السري

٤- يصعب فصل الثمرة عن البذرة في كل مما يلي ماعدا .........
(أ) القمح (ب) الفول (جـ) الذرة (د) الأرز

٥- نوع الانقسام السائد في تكوين الأمشاج في النباتات الزهرية هو ...........
(أ) ميوزي فقط (ب) ميتوزي فقط (جـ) ميوزي ثم ميتوزي (د) ميتوزي ثم ميوزي

٦- تنشأ القصرة في نبات الفول من تصلب ........
(أ) أغلفة المبيض فقط (ب) أغلفة البويضة فقط (جـ) الكيس الجنيني (د) الأولي والثانية

٧- عدد حبوب اللقاح الناتجة من انقسام ٥٠ خلية جرثومية أمية في زهرة مؤنثة يساوي ........
(أ) ١٠٠ (ب) ٢٠٠ (جـ) ٤٠٠ (د) صفر

٨- عدد البويضات المخصبة في زهرة نبات البطيخ ....... عدد البويضات المخصبة في زهرة نبات المانجو.
(أ) أقل من (ب) يساوي (جـ) أكبر من

٩- عدد المجموعات الصبغية في البويضة الناضجة لزهرة نبات المشمش قبل الإخصاب يساوي......
(أ) ١ (ب) ٢ (جـ) ٤ (د) ٨

**الإجابة:** ١- (جـ) ٢- (ب) ٣- (د) ٤- (ب) ٥- (جـ) ٦- (ب) ٧- (د) ٨- (جـ) ٩- (د)

# التكاثر فى الإنسان

ينتمى الإنسان إلى طائفة الثدييات التى تتميز بحمل الجنين، ولذا فإن:

- بويضات الثدييات صغيرة الحجم وشحيحة المح ... فسر؟
  لاعتماد الجنين على الأم فى الحصول على الغذاء لتكونه داخل الرحم.
- إنتاج الثدييات للصغار يكون محدودًا ... فسر؟
  لأن الصغار تمر بفترة نمو داخل رحم الأم ثم يقوم الأبوان برعايتهم لفترة حيث تصل هذه الرعاية أقصاها فى الإنسان الذى تحتاج صغاره إلى سنوات طوال من التربية نظرًا لتقدم عقله وتميز هيئته.

**فكرة**

أيهما أكبر حجمًا مع التفسير بيضة الفيل أم بيضة العصفور؟

بيضة العصفور أكبر حجمًا؛ لأن جنين العصفور يتكون خارجيًا لذا يحتاج إلى الغذاء المدخر داخل مح البيضة فتكون كبيرة الحجم بينما الفيل من الثدييات التى تتكون فيها الأجنة داخل الرحم فلا تعتمد بشكل أساسى على مح البيضة لذلك تكون أصغر حجمًا.

## مقارنة بين الجهاز التناسلى الذكرى والجهاز التناسلى الأنثوى:

| | الجهاز التناسلى الذكرى | الجهاز التناسلى الأنثوى |
|---|---|---|
| منظر جانبى | العمود الفقارى - الحالب - المثانة - الوعاء الناقل - حويصلة منوية - غدة البروستاتا - المستقيم - قناة مجرى البول - غدة كوبر - البربخ - القضيب - الخصية - كيس الصفن | قناة فالوب - القمع - المبيض - العمود الفقارى - الرحم - المستقيم - المثانة - المهبل |
| مكان الوجود | توجد بعض أجزاؤه فى تجويف البطن بالقرب من المثانة والبعض الآخر خارج تجويف البطن مثل الخصيتين. | تتجمع أعضاؤه فى منطقة الحوض خلف المثانة مثبتة فى مكانها بأربطة مرنة ... علل؟ حتى تسمح بتمددها أثناء الحمل بالجنين. |
| الوظيفة | ١- إنتاج الحيوانات المنوية.<br>٢- إنتاج هرمونات الذكورة المسئولة عن إظهار الصفات الجنسية الثانوية للذكر مثل خشونة الصوت، نمو الشعر على الوجه، قوة العضلات .... إلخ. | ١- إنتاج البويضات.<br>٢- إنتاج هرمونات الأنوثة.<br>٣- تهيئة مكان آمن لإتمام عملية إخصاب البويضة.<br>٤- إيواء الجنين حتى الولادة. |
| التركيب | يتركب من (الخصيتين - البربخين - الوعاءين الناقلين - الغدد التناسلية الملحقة - القضيب). | يتركب من (المبيضين - قناتى فالوب - الرحم - المهبل). |

## أولاً الجهاز التناسلى الذكرى

**التركيب:** يتركب الجهاز التناسلى الذكرى مما يلى:

### ١ الخصيتان:

**الموقع:** محاطة بكيس الصفن الذى يتدلى خارج البطن ... علل ؟
للحفاظ على درجة حرارة الخصيتين منخفضة عن درجة حرارة الجسم بما يناسب تكوين الحيوانات المنوية فيها.

**الوظيفة:**

١- إنتاج الحيوانات المنوية.
٢- إفراز هرمونى التستوستيرون والأندروستيرون المسئولان عن إظهار الصفات الجنسية الثانوية للذكر عند البلوغ ونمو البروستاتا والحوصلتين المنويتين.

**ملحوظات**

- حدد توقيت انتقال الخصيتين من تجويف البطن إلى كيس الصفن،وما النتائج المترتبة على عدم حدوث ذلك ؟
  - التوقيت: خلال الأشهر الأخيرة من الحمل.
  - النتيجة: تتوقفان عن إنتاج الحيوانات المنوية عند البلوغ مما يؤدى لحدوث عقم.
- يوصى الخبراء بعدم ارتداء الرجال الملابس الضيقة أو المصنوعة من ألياف بصفة مستمرة ... علل ؟
  لأن هذه الملابس تؤدى لارتفاع درجة حرارة الخصيتين بما لا يناسب نضج وتكوين الحيوانات المنوية مما يؤدى إلى موتها ويسبب العقم.

### ٢ البربخان:

**الموقع:** كل منهما عبارة عن قناة تلتف حول نفسها تخرج من الخصيتين وتصب في قناة تسمى «الوعاء الناقل».

**الوظيفة:** يتم فيهما تخزين الحيوانات المنوية.

### ٣ الوعاءان الناقلان:

**الوظيفة:** يقوم كل منهما بنقل الحيوانات المنوية من البربخ إلى قناة مجرى البول.

### ٤ الغدد التناسلية الملحقة: وهى تشمل:

١- **الحوصلتان المنويتان:** تقوم بإفراز سائل قلوى يحتوى على سكر الفركتوز لتغذية الحيوانات المنوية خارج الخصية.
٢- **غدة البروستاتا وغدتا كوبر:** تقوم بإفراز سائل قلوى يمر فى قناة مجرى البول (قبل مرور الحيوانات المنوية مباشرةً) فيعمل على معادلة وسطها الحامضى ليصبح وسطًا مناسبًا لمرور الحيوانات المنوية.

### ٥ القضيب: عضو يتكون من نسيج أسفنجى تمر فيه قناة مجرى البول التى ينتقل عن طريقها البول والحيوانات المنوية كل على حدة.

**أضف إلى ملعوماتك**

يعانى مريض تضخم البروستاتا من احتباس البول ... علل ؟
لأن تضخم البروستاتا (غدة ملحقة بالجهاز التناسلى الذكرى) يضغط على قناة مجرى البول المجاورة لها والتى يمر من خلالها البول فتمنع مروره مما يؤدى إلى احتباسه داخليًا.



أجب عما يأتي:

١ ماذا يحدث عند: إفراز الحوصلتين المنويتين لسكر الجلوكوز بدلًا من سكر الفركتوز ؟

لن يتم تغذية الحيوانات المنوية خارج الخصية مما يؤدى إلى موتها وقد يسبب العقم حيث إن سكر الجلوكوز يتطلب وجود هرمون الأنسولين لإدخاله داخل الحيوانات المنوية بينما سكر الفركتوز يستطيع المرور إلى داخل الحيوانات المنوية عبر الأغشية البلازمية لها، وتغذيتها دون الحاجة إلى وجود هرمون الأنسولين.

٢ حدد مكونات السائل المنوى ومصدر إفراز كلٍ منها.

١- الحيوانات المنوية داخل الأنيبيبات المنوية بالخصية.
٢- سائل قلوى يحتوى على سكر الفركتوز تفرزه الحوصلتان المنويتان.
٣- سائل قلوى تفرزه غدة البروستاتا وغدتا كوبر.

## التركيب المجهرى للخصية

من خلال دراسة القطاع العرضى للخصية، يتضح أنها تتكون من:

١ **الأنيبيبات المنوية:**

- توجد بعدد كبير داخل الخصية.
- كل أنيبية يوجد بداخلها نوعين من الخلايا هما:

➢ **خلايا جرثومية أمية (٢ن):**

- موقعها: تبطن الأنيبيبات المنوية من الداخل.
- وظيفتها: تنقسم عدة انقسامات لتكون الحيوانات المنوية فى النهاية.

➢ **خلايا سرتولى (٢ن):**

- وظيفتها: تفرز سائل يعمل على تغذية الحيوانات المنوية داخل الخصية كما يُعتقد أن لها وظيفة مناعية أيضًا.

٢ **خلايا بينية:**

- الموقع: توجد بين الأنيبيبات المنوية.
- الوظيفة: إفراز **هرمون التستوستيرون** المسئول عن إظهار الصفات الجنسية الثانوية للذكر عند البلوغ، ونمو البروستاتا والحوصلتين المنويتين.




قطاع عرضى في الخصية

## مراحل تكوين الحيوانات المنوية

تمر عملية تكوين الحيوانات المنوية بأربع مراحل هامة، وهى كالتالى:

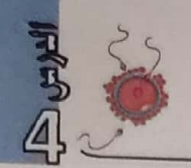
| المرحلة | الوصف | |
|---|---|---|
| (١) مرحلة التضاعف | - تنقسم الخلايا الجرثومية الأمية (٢ن) انقسامًا ميتوزيًا عدة مرات لتنتج عدد كبير من الخلايا تسمى أمهات المنى (٢ن).<br>- تحدث عند البلوغ فى الذكر.<br>- يصاحبها زيادة فى العدد وثبات فى المادة الوراثية والحجم. | مرحلة التضاعف |
| (٢) مرحلة النمو | - تختزن فيها أمهات المنى (٢ن) قدرًا من الغذاء فتتحول إلى خلايا منوية أولية (٢ن).<br>- تحدث عند البلوغ فى الذكر.<br>- يصاحبها زيادة فى الحجم وثبات فى المادة الوراثية والعدد ولا يحدث فيها انقسام. | مرحلة النمو |
| (٣) مرحلة النضج | - تنقسم الخلايا المنوية الأولية (٢ن) انقسام ميوزى أول فتعطى خلايا منوية ثانوية (ن).<br>- تنقسم الخلايا المنوية الثانوية (ن) انقسام ميوزى ثان فتعطى طلائع منوية (ن).<br>- يصاحبها اختزال عدد الصبغيات إلى النصف عن طريق الانقسام الميوزى. | مرحلة النضج |
| (٤) مرحلة التشكل النهائى | - تتحول فيها الطلائع المنوية (ن) إلى حيوانات منوية (ن).<br>- يتحول فيها الطور الساكن إلى طور متحرك. | مرحلة التشكل النهائى |



### ملحوظات

- تتكون الأمشاج فى النبات بانقسام ميوزى ثم ميتوزى..
، بينما تتكون الأمشاج فى الإنسان بانقسام ميتوزى ثم ميوزى.
- خلايا سرتولى تعمل على تغذية الحيوانات المنوية داخل الخصية..
، بينما الحوصلتان المنويتان تعملان على تغذية الحيوانات المنوية خارج الخصية.
- عدد الميتوكوندريا داخل الحيوان المنوى أكبر من عددها داخل البويضة ... علل؟
لأن الحيوان المنوى مشيج مذكر متحرك يحتاج إلى كمية أكبر من الطاقة اللازمة لحركته للوصول إلى مكان المشيج الأنثوى لإتمام عملية الإخصاب، بينما البويضة مشيج مؤنث ساكن لا يتحرك غالبًا فيحتاج لكمية أقل من الطاقة التى توفرها الميتوكوندريا.





## تركيب الحيوان المنوى

يتركب الحيوان المنوى من:

**١ الرأس:** تحتوى على:

- **نــــواة:** توجد فى مؤخرة رأس الحيوان المنوى تحتوى على ٢٣ كروموسوم.
- **جسم قمى (أكروسوم):** يوجد فى مقدمة رأس الحيوان المنوى.

**وظيفته:** إفـراز إنزيم الهيالويورنيـز الذى يعمـل على إذابـة جزء من غلاف البويضـة المتماسـك بفعل حمض الهيالويورنيك مما يســهل من عملية اختراق الحيوان المنوى للبويضة.

**٢ العنق:**

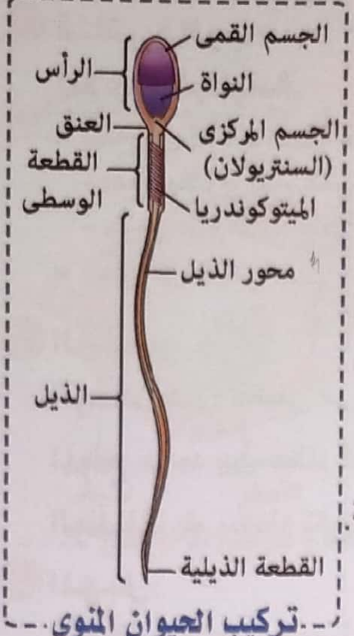
يحتوى على سنتريولين (جسم مركزى) يلعبان دورًا فى انقسام البويضة المخصبة.

**٣ القطعة الوسـطى:**

تحتوى على ميتوكوندريا تكسب الحيوان المنوى الطاقة اللازمة لحركته.

**٤ الذيل:**

- يتكون من محور ينتهى بقطعة ذيلية.
- يساعد على حركة الحيوان المنوى حتى يصل للبويضة لإتمام عملية الإخصاب.




تركيب الحيوان المنوى

## ثانيًا الجهاز التناسلى الأنثوى

**التركيب:** يتركب الجهاز التناسلى الأنثوى مما يلى:

**١ المبيضان:**

**الموقع:** يوجدان على جانبى تجويف الحوض.

**الشكل:** بيضاوى فى حجم اللوزة المقشورة.

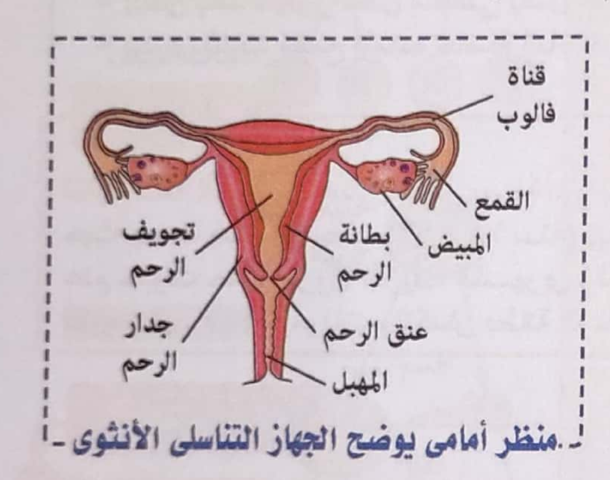
**الوظيفة:**

١- إنتاج البويضات.

٢- إفراز هرمونات البلوغ وهرمونات تنظيم دروة الطمث وتكوين الجنين.

**عدد البويضات الموجودة بها:** حسب المرحلة العمرية:

- أثناء الطفولة: يحتوى المبيض على بضع آلاف من البويضات فى مراحل نمو مختلفة.
- بعد البلوغ: حوالى ٤٠٠ بويضة فقط.




منظر أمامى يوضح الجهاز التناسلى الأنثوى

**ملحوظة**

تنضج حوالى ٤٠٠ بويضة فقط أثناء حياة أنثى الإنسان ... **فسر؟**

لأن فترة الخصوبة فى أنثى الإنسان تبلغ فى المتوسط حوالى ٣٠ سنة وتنتج الأنثى خلال هذه الفترة بويضة كل ٢٨ يوم من أحد المبيضين بالتبادل مع الآخر شهريًا (حوالى ١٣ بويضة سنويًا) لذا يكون عدد البويضات الناتجة = (٣٠ × ١٣ = حوالى ٤٠٠ بويضة).

## ٢ قناتى فالوب:

### الملاءمة الوظيفية:

- تفتح كل قناة بواسطة قمع:
  - يقع مباشرةً أمام المبيض لضمان سقوط البويضات فى قناة فالوب.
  - ينتهى بزوائد إصبعية تعمل على التقاط البويضة المتحررة من المبيض.
- تبطن كل قناة بأهداب تعمل على توجيه البويضات المخصبة نحو الرحم.

## ٣ الرحم:

**الوصف**: كيس عضلى مرن مزود بجدار عضلى سميك قوى ويبطن بغشاء غدى.

**الموقع**: يوجد بين عظام الحوض وينتهى بعنق يفتح فى المهبل.

**الوظيفة**: يتم بداخله تكوين الجنين لمدة تسعة أشهر حتى الولادة.

## ٤ المهبل:

**الوصف**: قناة عضلية يصل طولها إلى ٧ سم.

**الموقع**: تبدأ من عنق الرحم وتنتهى بالفتحة التناسلية.

### الملاءمة الوظيفية:

- يبطن بغشاء يفرز سائل مخاطى يعمل على ترطيب المهبل.
- يحوى ثنيات تسمح بتمدده خاصة أثناء خروج الجنين.

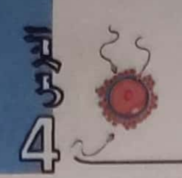
**ملحوظة**

تتغير حالة الجهاز التناسلى للأنثى بصفة دورية بعد البلوغ ... **فسر؟**
حيث يحدث ذلك عند عمر (١٢ : ١٥ سنة) تبعًا لنشاط المبيض والرحم وما يرتبط بهما من إخصاب وحمل أو عدم حدوث حمل ونزول النزيف الشهرى (الطمث) وعندما تبلغ الأنثى عمر (٤٥ : ٥٠ سنة) يتوقف نشاط المبيضين فتقل الهرمونات وتتكمش بطانة الرحم ويتوقف حدوث الطمث.

**أسئلة متنوعة**

١ أيهما أقل ثباتًا فى الشكل و التركيب الجهاز التناسلى الذكرى أم الجهاز التناسلى الأنثوى ؟ مع التفسير.
الجهاز التناسلى الأنثوى أقل ثباتًا؛ لأنه يتغير بصفة دورية بعد البلوغ تبعًا لنشاط المبيض والرحم وما يرتبط بهما من حدوث إخصاب وحمل أو عدم حدوث حمل ونزول النزيف الشهرى (الطمث) وينقسم إلى ثلاث مراحل:
١- سن البلوغ عند عمر (١٢ : ١٥) سنة.
٢- سن الخصوبة عند عمر (١٥ : ٤٥) سنة.
٣- سن اليأس عند عمر (٤٥ : ٥٠) سنة.

٢ فسر يتوقف حدوث الطمث فى أنثى الإنسان عند عمر (٤٥ : ٥٠) سنة.
بسبب توقف نشاط المبيضين فتقل الهرمونات وتتكمش بطانة الرحم ويتوقف حدوث الطمث.



## التركيب المجهرى للمبيض

من خلال دراسة القطاع العرضى للمبيض، يتضح أنه يتكون من مجموعة من الخلايا فى مراحل نمو مختلفة كالتالي:

**١ حويصلة جراف:**

- وظيفتها:

١- تنمو بداخلها البويضة حتى اكتمال نضجها ثم تتحرر منها أثناء عملية التبويض.

٢- تفرز أثناء نموها هرمون الإستروجين.

**٢ الجسم الأصفر:**

- تكوينه: يتكون من بقايا حويصلة جراف بعد تحرر البويضة منها.
- وظيفته: يفرز هرمونى البروجسترون والريلاكسين.



قطاع عرضى في المبيض

## مراحل تكوين البويضة

تمر عملية تكوين البويضة بثلاث مراحل، وهى كالتالى:

| المرحلة | الوصف | | الشكل |
|---|---|---|---|
| (١) مرحلة التضاعف | - تنقسم الخلايا الجرثومية الأمية (٢ن) انقسامًا ميتوزيًا عدة مرات لتنتج عدد كبير من الخلايا تسمى أمهات البيض (٢ن).<br>- تحدث أثناء التكوين الجنينى للأنثى.<br>- يصاحبها زيادة فى العدد وثبات فى المادة الوراثية والحجم. | مرحلة التضاعف | خلايا جرثومية أمية (٢ن) – انقسام ميتوزى – أمهات البيض (٢ن) |
| (٢) مرحلة النمو | - تختزن فيها أمهات البيض قدرًا من الغذاء فتتحول إلى خلايا بيضية أولية (٢ن).<br>- تحدث أثناء التكوين الجنينى للأنثى.<br>- يصاحبها زيادة فى الحجم وثبات فى المادة الوراثية والعدد ولا يحدث فيها انقسام. | مرحلة النمو | خلية بيضية أولية (٢ن) |
| (٣) مرحلة النضج | - تنقسم الخلية البيضية الأولية (٢ن) انقسام ميوزى أول فتعطى خلية بيضية ثانوية (ن) وجسم قطبى (ن).<br>- تنقسم الخلايا البيضية الثانوية انقسام ميوزى ثان فتعطى بويضة (ن) وجسم قطبى (ن).<br>- يصاحبها اختزال عدد الصبغيات إلى النصف عن طريق الانقسام الميوزى. | مرحلة النضج | انقسام ميوزى أول – خلية بيضية ثانوية (ن) – جسم قطبى (ن) – انقسام ميوزى ثانى – بويضة (ن) – ٣ أجسام قطبية (ن) |

### ملحوظات

- يحدث الانقسام الميتوزى للخلايا الجرثومية الأمية لدى الأنثى فى المبيض أثناء التكوين الجنينى.
- يحدث الانقسام الميوزى الأول للخلايا البيضية الأولية لدى الأنثى فى مبيض فتاة بالغة.
- يحدث الانقسام الميوزى الثانى للخلايا البيضية الثانوية لدى الأنثى فى قناة فالوب امرأة متزوجة.

## مقارنة بين الانقسام الميوزى الأول والميوزى الثانى لدى الأنثى:

| | الانقسام الميوزى الأول لدى الأنثى | الانقسام الميوزى الثانى لدى الأنثى |
|---|---|---|
| توقيت الحدوث | عندما تصل الأنثى لمرحلة البلوغ. | لحظة دخول الحيوان المنوى البويضة أثناء عملية الإخصاب. |
| مكان الحدوث | يحدث فى المبيض. | يحدث فى الثلث الأول من قناة فالوب. |
| نتائج الحدوث | - تنقسم الخلية البيضية الأولية (٢ن) انقسام ميوزى أول لتعطى خلية بيضية ثانوية (ن) وجسم قطبى (ن).<br>- تكون الخلية البيضية الثانوية أكبر من الجسم القطبى لاحتوائها على الغذاء المدخر. | - تنقسم الخلية البيضية الثانوية (ن) انقسام ميوزى ثان لتعطى بويضة (ن) وجسم قطبى (ن).<br>- قد يحدث انقسام ميوزى ثان للجسم القطبى الأول فيعطى جسمان قطبيان. |

## تركيب البويضة

- تحتوى البويضة على سيتوبلازم ونواة.
- تغلف بطبقة رقيقة متماسكة بفعل حمض الهيالويورنيك لذا تحتاج عملية اختراق البويضة لملايين من الحيوانات المنوية حيث تعمل إنزيمات الجسم القمى للحيوانات لمنوية (إنزيم الهيالويورنيز) على إذابة غلاف البويضة عند موضع الاختراق.

السيتوبلازم
الغشاء البلازمى
غلاف البويضة
النوية
النواة
تركيب البويضة

## مقارنة بين الحيوان المنوى والبويضة فى الإنسان:

| وجه المقارنة | الحيوان المنوى فى الإنسان | البويضة فى الإنسان |
|---|---|---|
| شكل توضيحى | | |
| التعريف | مشيج مذكر ينتجه الخصية. | مشيج مؤنث ينتجه المبيض. |
| العدد | تنتج الحيوانات المنوية بأعداد كبيرة (٣٠٠ : ٥٠٠) مليون حيوان منوى فى كل مرة تزاوج. | تنتج البويضات بأعداد قليلة (بويضة واحدة من أحد المبيضين كل ٢٨ يوم بالتناوب مع المبيض الآخر). |
| مدة البقاء حية | تبقى حية داخل الجهاز التناسلى الأنثوى حوالى (٢ : ٣) أيام بعد التزاوج. | تبقى صالحة للإخصاب لمدة (١ : ٢) يوم بعد تحررها من المبيض. |
| التركيب | يتركب من:<br>رأس، عنق، قطعة وسطى، ذيل. | ١- تحتوى على سيتوبلازم ونواة.<br>٢- تحاط بطبقة رقيقة متماسكة بفعل حمض الهيالويورنيك. |

## أسئلة متنوعة:

١ ما دور العلماء الآتى أسمائهم فى في دراسة الجهاز التناسلى الذكرى (كوبر - سرتولى - فالوب - جراف) ؟

- كوبر: اكتشف غدتين ملحقتين بالجهاز التناسلى تفرزان سائل قلوى يمر فى قناة مجرى البول (قبل مرور الحيوانات المنوية مباشرةً) فيعمل على معادلة وسطها الحامضى ليصبح وسطًا مناسبًا لمرور الحيوانات المنوية وأطلق عليها «غدتا كوبر».
- سرتولى: اكتشف خلايا تفرز سائل يعمل على تغذية الحيوانات المنوية داخل الخُصية كما يُعتقد أن لها وظيفة مناعية أيضًا وأطلق عليها «خلايا سرتولى».
- فالوب: اكتشف قناتين ضمن الجهاز التناسلى الأنثوى تلتقطان البويضة بعد تحررها من المبيض وتتم فيها عملية الإخصاب وأطلق عليهما «قناتا فالوب».
- جراف: اكتشف حويصلة تعمل كغدة صماء مؤقتة داخل المبيض تفرز هرمون الإستروجين وأطلق عليها «حويصلة جراف».

٢ علل: يسمى الانقسام الميوزى الثانى للخلية البيضية الثانوية بالانقسام المؤجل أو المشروط.

لأنه مشروط باختراق الحيوان المنوى البويضة أثناء عملية الإخصاب.

٣ الشكل المقابل:

يمثل أحد العمليات البيولوجية فى أحد أعضاء الإنسان:

١- ما اسم العملية التى يمثلها الشكل ؟ ومتى وأين تحدث ؟

٢- ما الهرمون الضرورى لحدوث هذه العملية ؟

٣- اذكر اسم الخلايا التالية وعدد الصبغيات فيها:

أ- الخلايا المبطنة للأنيبيبات المنوية.

ب- الخلايا من A : G.

٤- حدد الخلايا المتشابهة وراثيًا محددًا سبب اختيارك.



**-:الحل:-**

١-

- مراحل تكوين الحيوانات المنوية فى ذكر الإنسان.
- تحدث عند البلوغ.
- تحدث داخل الأنيبيبات المنوية فى خصية ذكر بالغ.

٢- هرمون FSH حيث يساعد فى تكوين الأنيبيبات المنوية وتكوين الحيوانات المنوية.

٣- أ- خلايا جرثومية أمية (٢ن) تحتوى على ٤٦ كرموسوم.

ب- A ، B: أمهات المنى (٢ن) تحتوى على ٤٦ كروموسوم.

، C: خلية منوية أولية (٢ن) تحتوى على ٤٦ كروموسوم.

، D: خلية منوية ثانوية (ن) تحتوى على ٢٣ كروموسوم.

، E، F: طلائع منوية (ن) تحتوى على ٢٣ كروموسوم.

، G: حيوان منوى (ن) يحتوى على ٢٣ كروموسوم.

٤- الخلايا المتشابهة وراثيًا ناتجة عن انقسام ميتوزى أو تحول وليس انقسام ميوزى وبالتالى تكون الخلايا المتشابهة وراثيًا:

- A ، B ناتجة من انقسام ميتوزى للخلايا الجرثومية الأمية.
- C متشابهة مع A ، B؛ لأنها ناتجة من اختزان الغذاء دون انقسام.
- G ، E؛ لأن الحيوان المنوى G ناتج عن تحول الطليعة المنوية E بدون انقسام.

## إرشادات لحل المسائل

١ بالنسبة للحيوانات المنوية:

١ خلية من أمهات المنى (٢ن) ← تتحول إلى ← ١ خلية منوية أولية (٢ن) ← انقسام ميوزى أول ← ٢ خلية منوية ثانوية (ن) ← انقسام ميوزى ثانى ← ٤ طلائع منوية (ن) ← تتحول إلى ← ٤ حيوانات منوية (ن)

عدد خلايا أمهات المنى الناتجة من الانقسام الميتوزى للخلية الجرثومية الأمية = ٢^عدد الانقسامات

٢ بالنسبة للبويضات:

١ خلية من أمهات البيض (٢ن) ← تتحول إلى ← ١ خلية بيضية أولية (٢ن) ← انقسام ميوزى أول ←
- ١ خلية بيضية ثانوية (ن) ← انقسام ميوزى ثان ← ١ بويضة (ن) + ١ جسم قطبى (ن)
- ١ جسم قطبى (ن) ← قد يحدث انقسام ميوزى ثان ← ٢ جسم قطبى (ن)

عدد خلايا أمهات البيض الناتجة من الانقسام الميتوزى للخلية الجرثومية الأمية = ٢^عدد الانقسامات.

### مثال (١)

خلية جرثومية أمية فى خصية ذكر إنسان بالغ انقسمت ٣ مرات ميتوزيًا، احسب:

١- عدد خلايا أمهات المنى الناتجة من الانقسام.

٢- عدد الخلايا المنوية الأولية.

٣- عدد الخلايا المنوية الثانوية.

٤- عدد الطلائع المنوية.

٥- عدد الحيوانات المنوية.

**الحل:**

١- عدد خلايا أمهات المنى = ٢^عدد الانقسامات = ٢^٣ = ٨ خلايا.

٢- عدد الخلايا المنوية الأولية = عدد أمهات المنى = ٨ خلايا.

٣- عدد الخلايا المنوية الثانوية = ٢ × عدد الخلايا المنوية الأولية = ٢ × ٨ = ١٦ خلية.

٤- عدد الطلائع المنوية = ٤ × عدد الخلايا المنوية الأولية = ٤ × ٨ = ٣٢ خلية.

٥- عدد الحيوانات المنوية = عدد الطلائع المنوية = ٣٢ حيوان منوى.

### مثال (٢)

خلية جرثومية أمية فى مبيض أنثى انقسمت ٤ مرات ميتوزيًا، احسب.

١- عدد خلايا أمهات البيض الناتجة من الانقسام.

٢- عدد الخلايا البيضية الأولية.

٣- عدد الخلايا البيضية الثانوية.

٤- عدد البويضات الناتجة فى حالة حدوث إخصاب.

٥- عدد البويضات الناتجة فى حالة عدم حدوث إخصاب.

٦- عدد الأجسام القطبية الناتجة بفرض إتمام حدوث الانقسامات كاملة.

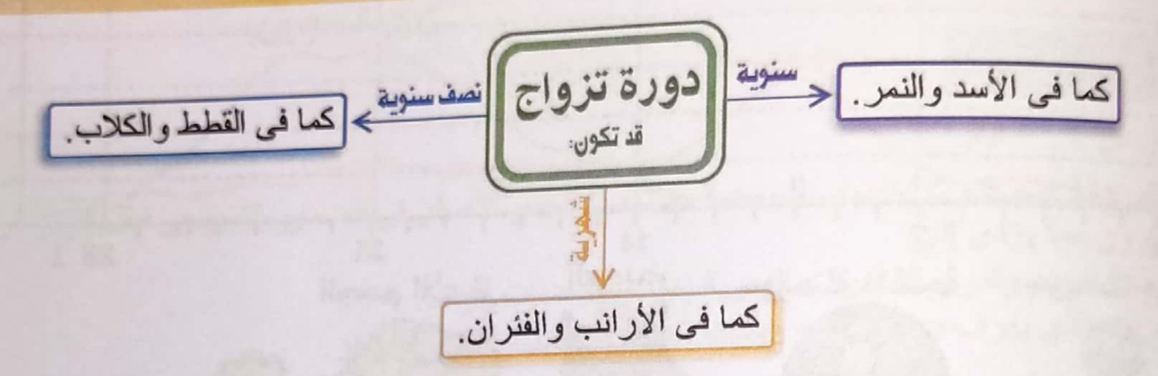
**:الحل:**

١- عدد خلايا أمهات البيض = $٢^{\text{عدد الانقسامات}}$ = $٢^٤$ = ١٦ خلية.
٢- عدد الخلايا البيضية الأولية = عدد خلايا أمهات البيض = ١٦ خلية.
٣- عدد الخلايا البيضية الثانوية = عدد الخلايا البيضية الأولية = ١٦ خلية.
٤- عدد البويضات فى حالة الإخصاب = عدد الخلايا البيضية الثانوية = ١٦ بويضة.
٥- عدد البويضات الناتجة فى حالة عدم حدوث إخصاب = صفر (لا يوجد انقسام ميوزى ثان).
٦- عدد الأجسام القطبية = ٣ × عدد البويضات = ٣ × ١٦ = ٤٨ جسم قطبى.

## دورة التزاوج Breeding Cycle

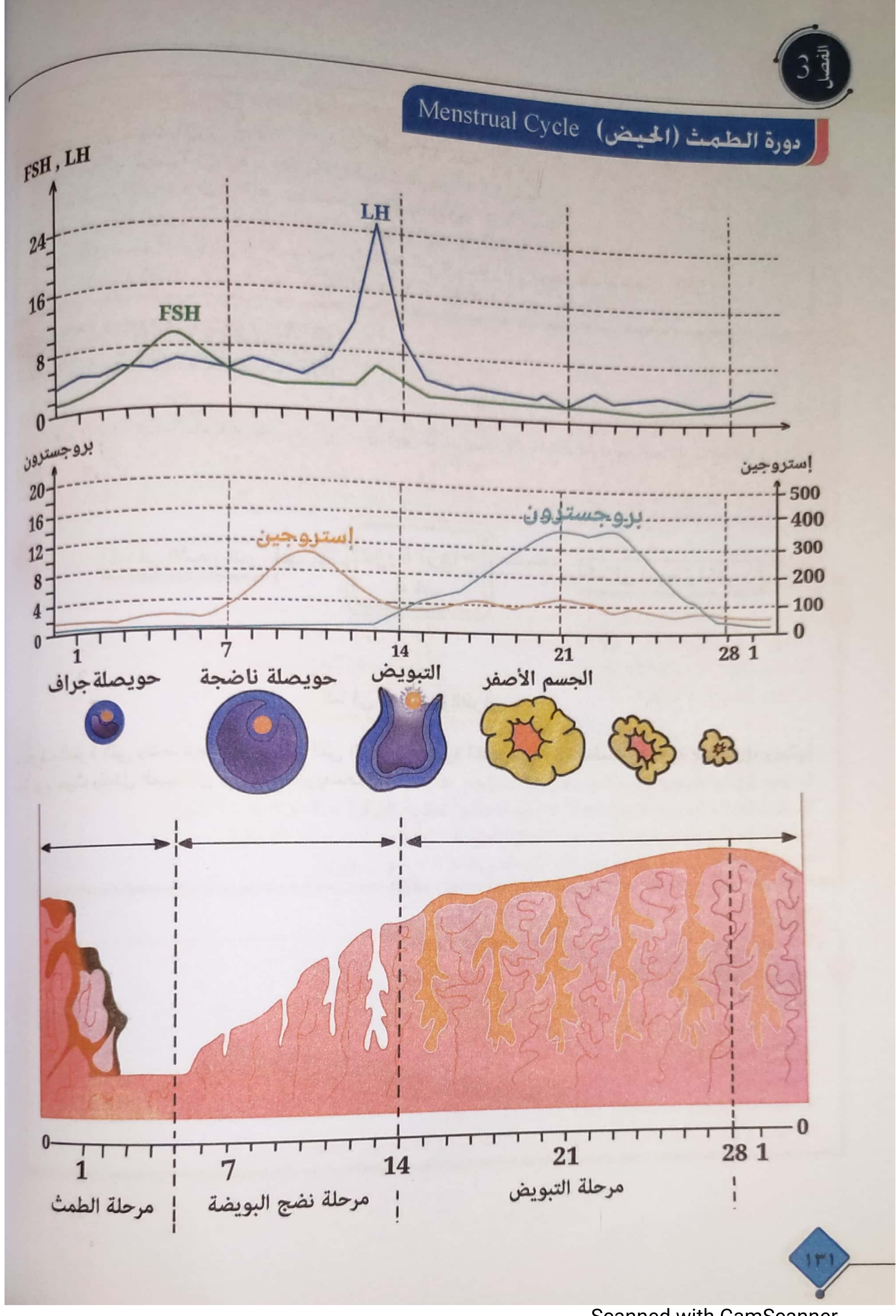
**دورة التزاوج**

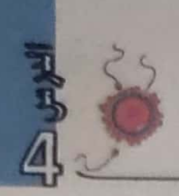
فترات معينة فى حياة الثدييات المشيمية ينشط فيها المبيض فى الأنثى البالغة بصفة دورية منتظمة وتتزامن هذه الفترة مع وظيفتى التزاوج والإنجاب.




- تعرف الفترة التى ينشط فيها المبيض فى أنثى الإنسان بالدورة الشهرية (دورة الطمث = دورة الحيض)، ومدتها ٢٨ يوم حيث يتبادل المبيضان فى إنتاج البويضات.

## Menstrual Cycle دورة الطمث (الحيض)





تنقسم دورة الطمث (الحيض) إلى ثلاث مراحل كما يلى:

## ١ مرحلة نضج البويضة

- تستغرق حوالى ١٠ أيام.
- يفرز الفص الأمامى للغدة النخامية **هرمون التحوصل FSH** الذى يحفز المبيض لإنضاج حويصلة جراف التى تحتوى على البويضة ويستغرق نموها ١٠ أيام.
- تفرز حويصلة جراف أثناء نموها **هرمون الإستروجين** الذى يعمل على إنماء بطانة الرحم.

## ٢ مرحلة التبويض

- تستغرق ١٤ يومًا.
- يفرز الفص الأمامى للغدة النخامية **الهرمون المصفر LH** (فى اليوم الرابع عشر من بدء الطمث) الذى يسبب انفجار حويصلة جراف وتحرر البويضة وتكوين الجسم الأصفر من بقايا حويصلة جراف.
- يفرز الجسم الأصفر **هرمون البروجسترون** الذى يعمل على زيادة سمك بطانة الرحم وزيادة الإمداد الدموى بها.

## ٣ مرحلة الطمث

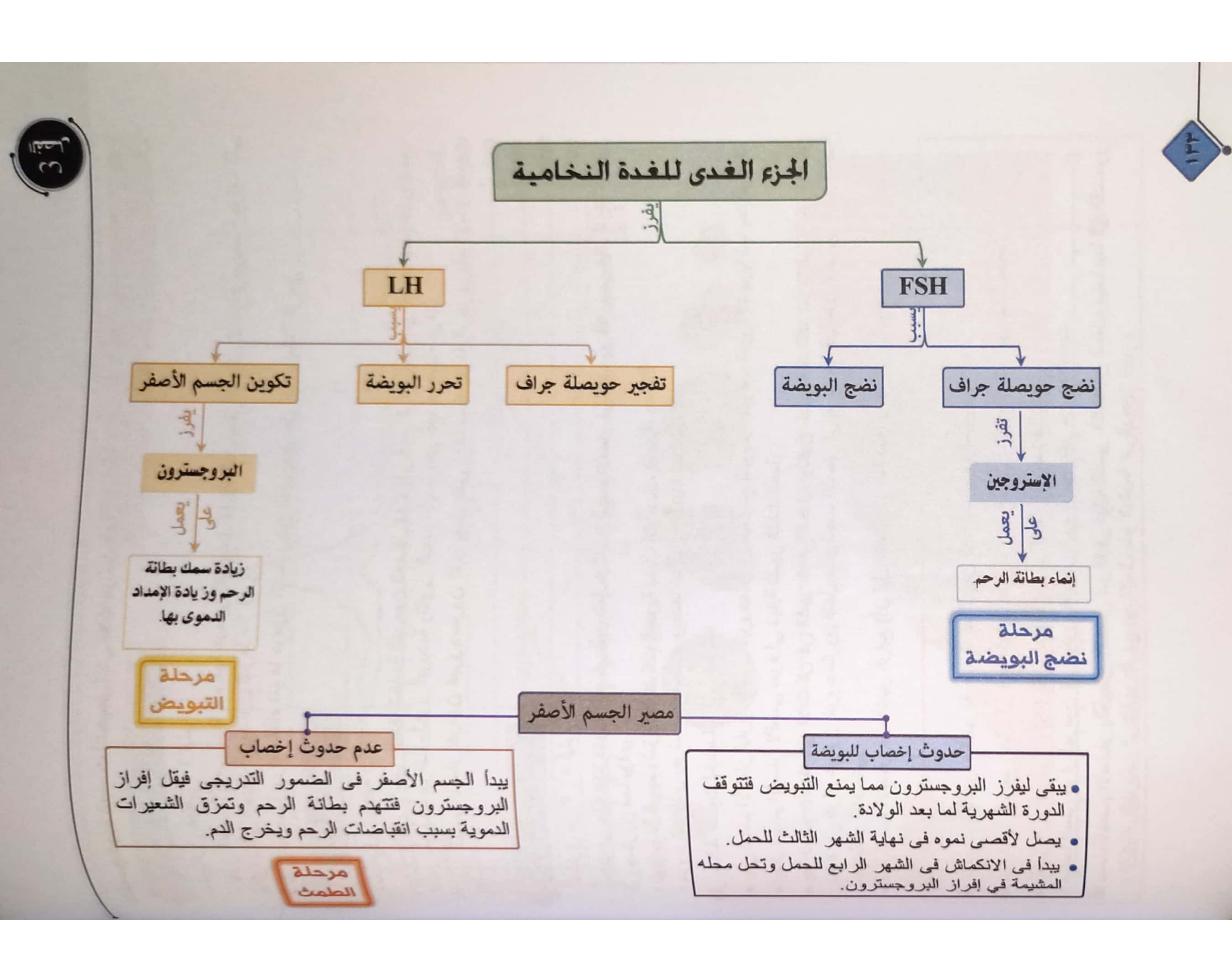
- تستغرق من ٣ : ٥ أيام.
- تحدث فى حالة عدم حدوث إخصاب للبويضة حيث يبدأ الجسم الأصفر فى الضمور التدريجى فيقل إفراز هرمون البروجسترون **مما يؤدى إلى:**
  - تهدم بطانة الرحم وتمزق الشعيرات الدموية بسبب انقباضات الرحم.
  - خروج الدم الذى يعرف بـ**«الطمث»** وبعدها تبدأ دورة جديدة للمبيض الآخر.

*** فى حالة حدوث إخصاب للبويضة:**

- يبقى الجسم الأصفر ليفرز هرمون البروجسترون مما يمنع التبويض فتتوقف الدورة الشهرية لما بعد الولادة.
- يصل الجسم الأصفر لأقصى نموه فى نهاية الشهر الثالث للحمل.
- يبدأ الجسم الأصفر فى الانكماش فى الشهر الرابع للحمل، وتكون المشيمة قد تقدم نموها فى الرحم وتصبح قادرة على إفراز هرمون البروجسترون فتحل محل الجسم الأصفر فى إفراز هذا الهرمون الذى ينبه الغدد الثديية على النمو التدريجي.
- تحلل الجسم الأصفر قبل الشهر الرابع (أى قبل اكتمال نمو المشيمة) يؤدى إلى الإجهاض.

**ملحوظات**

- يتوقف تنظيم الدورة الشهرية على نشاط كل من الغدة النخامية والمبيضين.
- تبدأ عملية التبويض غالبًا فى اليوم الرابع عشر من بدء الطمث = اليوم العاشر من نهاية الطمث.
- أقصى إفراز لهرمون FSH يكون غالبا فى اليوم الخامس من بدء الطمث.. ، بينما أقصي إفراز لهرمون LH يكون غالبا فى اليوم الرابع عشر من بدء الطمث.
- يصل الجسم الأصفر بالمبيض لأقصى نمو له فى نهاية الشهر الثالث من الحمل، بينما يبدأ فى الضمور والانكماش التدريجى فى الشهر الرابع بعد اكتمال نمو المشيمة فى الرحم.



الجزء الغدى للغدة النخامية
يفرز
LH
FSH
بسبب
تكوين الجسم الأصفر
تحرر البويضة
تفجير حويصلة جراف
نضج البويضة
نضج حويصلة جراف
يفرز
تفرز
البروجسترون
الإستروجين
يعمل على
زيادة سمك بطانة الرحم وزيادة الإمداد الدموى بها.
إنماء بطانة الرحم.
مرحلة التبويض
مرحلة نضج البويضة
مصير الجسم الأصفر
عدم حدوث إخصاب
يبدأ الجسم الأصفر فى الضمور التدريجى فيقل إفراز البروجسترون فتتهدم بطانة الرحم وتمزق الشعيرات الدموية بسبب انقباضات الرحم ويخرج الدم.
مرحلة الطمث
حدوث إخصاب للبويضة
يبقى ليفرز البروجسترون مما يمنع التبويض فتتوقف الدورة الشهرية لما بعد الولادة.
يصل لأقصى نموه فى نهاية الشهر الثالث للحمل.
يبدأ فى الانكماش فى الشهر الرابع للحمل وتحل محله المشيمة في إفراز البروجسترون.

## ملحوظة من الرسم

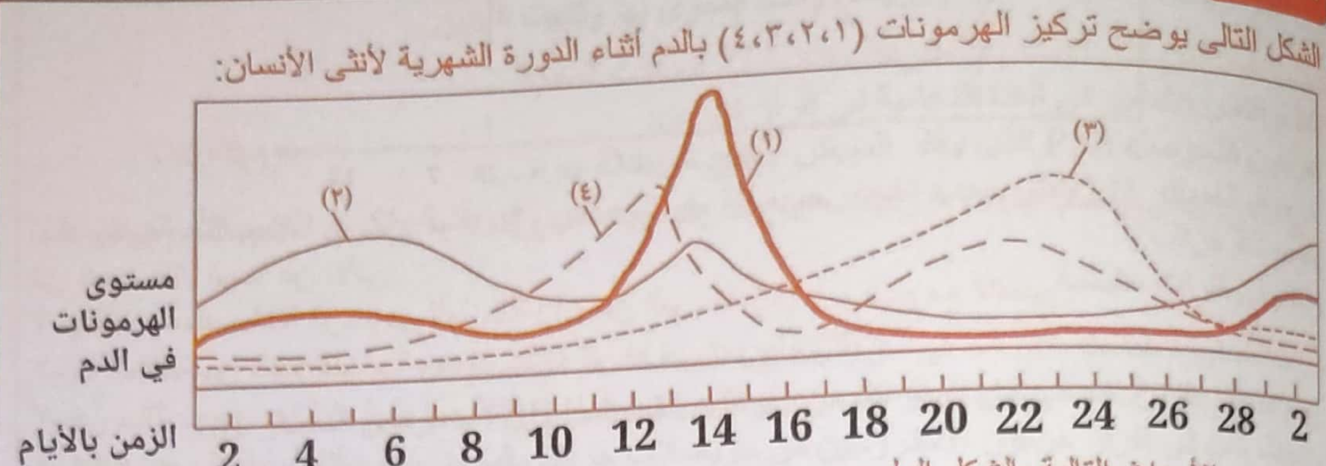
تتابع تركيزات الهرمونات بالترتيب خلال دورة الطمث لدى أنثى بالغة:

الهرمونات: FSH ← أستروجين ← LH ← بروجسترون.

أعلى تركيز فى اليوم: ٥ ١٠ : ١٢ ١٤ ٢١ : ٢٣

## منحنيات

الشكل التالى يوضح تركيز الهرمونات (١،٢،٣،٤) بالدم أثناء الدورة الشهرية لأنثى الأنسان:




(أ) فسر الأحداث التالية بالشكل العلوى:

١- الهرمون (١) فى قمة إفرازه.

٢- انخفاض مستوى الهرمون (٢) قبل التبويض مباشرةً.

٣- ارتفاع مستوى الهرمون (٣) بعد التبويض.

٤- انخفاض مستوى الهرمون (٤) بالقرب من حدوث التبويض.

(ب) فى أى مرحلة من مراحل دورة الطمث يزداد إفراز الهرمونان (١) ، (٢) ؟

**:-الإجابة:-**

(أ)

١- لأن هذا الهرمون (LH) يؤدى إلى انفجار حويصلة جراف وتحرر البويضة وتكوين الجسم الأصفر.

٢- لأن هذا الهرمون (FSH) يحفز المبيض لإنضاج حويصلة جراف المحتوية على البويضة والتي يستغرق نموها حوالى ١٠ أيام أي قبل التبويض مباشرةً وبذلك يكون هذا الهرمون قد أدى مهمته وتم نضج حويصلة جراف تمامًا ولذلك يقل إفرازه وينخفض مستواه بالدم.

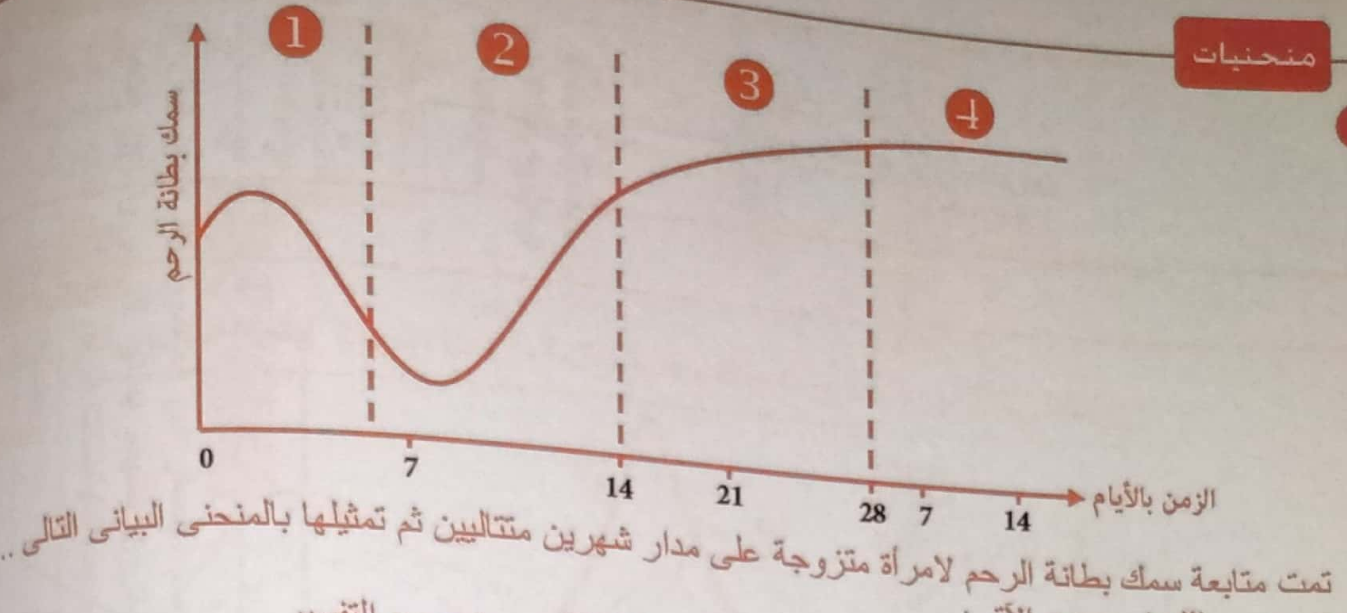
٣- لأن بقايا حويصلة جراف تتحول بعد التبويض إلى الجسم الأصفر الذى يفرز هذا الهرمون (البروجسترون) لذلك يرتفع مستواه بالدم بعد التبويض بعدة أيام.

٤- لأن حويصلة جراف تفرز هذا الهرمون (الإستروجين) أثناء نموها ليعمل على إنماء بطانة الرحم والتي تصل لتمام نموها بوصول هذا الهرمون إلى قمة إفرازه بالقرب من حدوث التبويض وبالتالي يقل إفرازه وينخفض مستواه بالدم عندما يفرز الفص الأمامى للغدة النخامية الهرمون المصفر (LH) الذى يسبب انفجار حويصلة حراف وتحرر البويضة.

(ب) يزداد إفراز هرمون (LH) مرحلة التبويض، بينما يزداد إفراز هرمون (FSH) أثناء مرحلة نضج البويضة.



منحنيات




تمت متابعة سمك بطانة الرحم لامرأة متزوجة على مدار شهرين متتاليين ثم تمثيلها بالمنحنى البيانى التالى ..

فى ضوء ذلك اجب عن الآتي:

١- يختلف سمك بطانة الرحم فى المرحلة (١) عن المرحلة (٢) .. وضح مع التفسير.

٢- ما العلاقة بين الغدة النخامية وسمك بطانة الرحم فى المرحلة (٣) ؟

٣- فى حالة فحص عينة دم لهذه المرأة ع مدار شهرين متتاليين .. رتب الهرمونات الجنسية ترتيبا زمنيا من حيث أعلى تركيز لها فى الدم.

٤- أعط تفسيرًا علميًا دقيقًا لكل من:

أ- عدم عودة المنحنى إلى مساره الطبيعى فى المرحلة (٤).

ب- قد تحدث المرحلة (١) دون حدوث المرحلة (٣) فى بعض الحالات.

## :-الإجابة:-

-١

المرحلة (١): يقل سمك بطانة الرحم تدريجيا؛ بسبب عدم حدوث إخصاب للبويضة فى الدورة السابقة مما يؤدى إلى انكماش الجسم الأصفر تدريجيًا فيقل إفراز هرمون البروجسترون مما يؤدى إلى تهدم بطانة الرحم وتمزق الشعيرات الدموية ونزول الدم.

المرحلة (٢): يزداد سمك بطانة الرحم تدريجيا؛ بسبب إفراز الفص الأمامى من الغدة النخامية هرمون FSH المحفز لنضج البويضة داخل حويصلة جراف وإفرازها لهرمون الاستروجين الذى يعمل على إنماء بطانة الرحم بعد تهدمها.

٢- يفرز الفص الأمامى (الجزء الغدى) من الغدة النخامية هرمون LH الذى يسبب انفجار حويصلة جراف وتحرر البويضة وتكوين الجسم الأصفر من بقاياها والذى يفرز هرمون البروجسترون الذى يعمل على زيادة سمك بطانة الرحم وزيادة الإمداد الدموى لها.

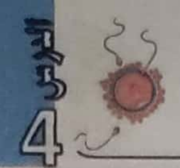
٣- الترتيب زمنيًا: FSH ثم الاستروجين ثم LH ثم البروجسترون.

-٤

أ- بسبب حدوث إخصاب للبويضة وعدم انكماش الجسم الأصفر واستمراره فى إفراز هرمون البروجسترون مما يمنع التبويض فتتوقف الدورة الشهرية لما بعد الولادة ويزداد سمك الرحم تدريجيا ويزداد إمداده الدموى استعدادا لانغماس الجنين.

ب- يحدث ذلك عند تناول أقراص منع الحمـــل حيث تحتوى على هرمونات صناعية تشبه الاستروجيـــن والبروجســـترون تهيئ الرحم وتزيد من ســـمكه دون حدوث تبويض يليها تهدم لبطانة الرحم وحدوث الطمث.






## أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتى:

١ توقف الدورة الشهرية أثناء فترة الحمل = عدم حدوث تبويض لدى الأنثى الحامل.

لأنه أثناء فترة الحمل يبقى الجسم الأصفر ليفرز هرمون البروجسترون حتى نهاية الشهر الثالث للحمل ثم تحل محله المشيمة فى إفراز هذا الهرمون مما يمنع التبويض فتتوقف الدورة الشهرية لما بعد الولادة.

٢ لا يحدث إجهاض للجنين لو تحلل الجسم الأصفر فى نهاية الشهر الثالث للحمل.

لأن المشيمة يكون قد اكتمل نموها فى الرحم فتحل محل الجسم الأصفر فى إفراز هرمون البروجسترون الذى يعمل على زيادة سمك بطانة الرحم وزيادة الإمداد الدموى بها وتثبيت الجنين.

٣ يحدث الطمث فى أنثى الإنسان فى فترات منتظمة فى الحالات العادية.

لانتظام الفص الأمامى فى الغدة النخامية فى إفراز كل من:

- هرمون التحوصل FSH الذى يحفز المبيض لإنتاج حويصلة جراف..
- هرمون المصفر LH الذى يسبب انفجار حويصلة جراف وتحرر البويضة وتكوين الجسم الأصفر من بقايا حويصلة جراف..

، وذلك فى فترات منتظمة.

٤ عدم انتظام دورة الطمث لدى فتاة فى سن العشرين، موضحًا أهم أعراضها.

- عدم انتظام الفص الأمامى فى إفراز كل من: هرمون التحوصل FSH - هرمون المصفر LH.
- حدوث خلل فى إفراز هرمون الإستروجين من حويصلات جراف بالمبيض المسئول عن تنظيم دورة الطمث

- أعراضها: حدوث خلل فى توقيت حدوث مرحلة الطمث شهريًا.

٥ يتضخم جدار الرحم ويصبح غديًا بمجرد إخصاب البويضة.

بسبب إفراز هرمون البروجسترون الذى يعمل على زيادة سمك بطانة الرحم وزيادة الإمداد الدموى بها عن طريق الجسم الأصفر خلال الأشهر الثلاثة الأولى من الحمل وعن طريق المشيمة بداية من الشهر الرابع من الحمل.

## ماذا يحدث عند:

١ استئصال المبيضين أثناء فترة الحمل ؟

هناك احتمالان:

- إذا تم استئصال المبيضين خلال الأشهر الثلاثة الأولى من الحمل: يحدث إجهاض؛ بسبب ضمور الجسم الأصفر الذى يفرز هرمون البروجسترون الذى يعمل على زيادة سمك بطانة الرحم وزيادة الإمداد الدموى بها لتثبيت الجنين.
- إذا تم استئصال المبيضين بعد الشهر الثالث من الحمل: لا يحدث إجهاض ويستمر الحمل بصورة طبيعية لأن المشيمة يكون قد اكتمل نموها فى الرحم فتحل محل الجسم الأصفر فى إفراز هرمون البروجسترون.

٢ استئصال أحد المبيضين من امرأة حامل فى شهرها الثانى ؟

هناك احتمالان:

- إذا كان المبيض الذى تم إزالته هو المبيض الذى أنتج البويضة: يحدث إجهاض؛ بسبب ضمور الجسم الأصفر فيتوقف إفراز هرمون البروجسترون.
- إذا تم إزالة المبيض الذى لم ينتج البويضة التى تم إخصابها: لا يحدث إجهاض ويستمر الحمل بصورة طبيعية.



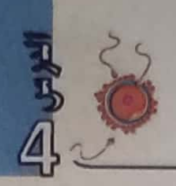
**أسئلة متنوعة:**

1. ما الذى يمكن أن يحدث عند إفراز كميات غير كافية من هرمون FSH ، LH عند امرأة متزوجة ؟
جـ: عدم نضج حويصلة جراف وعدم انطلاق بويضة جديدة من أحد المبيضين فلا يتكون الجسم الأصفر وعدم إفراز هرمون الإستروجين والبروجسترون وبالتالى لن يحدث إنماء لبطانة الرحم ولن يزيد سمكها مما يؤدى لخلل فى الدورة الشهرية وعدم حدوث حمل.

2. اذكر الرقم الدال على عدد مرات حدوث الانقسام الميوزى الثانى لدى فتاة فى سن العشرين لم تتزوج.
جـ: صفر.

## مقارنة هامة:

| | مكان الوجود | الوظيفة |
|---|---|---|
| الجسم القمى | مقدمة رأس الحيوان المنوى لذكر الإنسان البالغ. | إفراز هرمون الهيالويورينز الذى يعمل على إذابة جزء من غلاف البويضة المتماسك بفعل حمض الهيالويورنيك مما يسهل من عملية اختراق الحيوان المنوى للبويضة أثناء الإخصاب. |
| الجسم المركزى | عنق الحيوان المنوى لذكر الإنسان البالغ. | يلعب دورًا هامًا فى انقسام البويضة المخصبة فى قناة فالوب. |
| الجسم القطبى | المبيض لدى الأنثى البالغة. | تخليص البويضة من نصف المادة الوراثية أثناء تكوينها حتى تكون أحادية المجموعة الصبغية وعند اندماجها مع الحيوان المنوى يعود العدد الزوجى من الصبغيات فى خلايا الجنين الناتج. |
| حويصلة جراف | المبيض لدى الأنثى البالغة. | إفراز هرمون الأستروجين (الإستراديول) الذى يعمل على ظهور الصفات الثانوية لدى الأنثى، مثل:<br>١- كبر الغدد الثديية.<br>٢- تنظيم دورة الطمث.<br>٣- إنماء بطانة الرحم. |
| الجسم الأصفر | المبيض لدى الأنثى البالغة. | • إفراز هرمون البروجسترون الذى يعمل تنظيم دورة الحمل، حيث:<br>١- ينظم التغيرات الدموية في الغشاء المبطن للرحم (زيادة سمك بطانة الرحم وزيادة الإمداد الدموى بها) ليعده لاستقبال البويضة المخصبة لزراعتها.<br>٢- ينظم التغيرات التي تحدث في الغدد الثديية أثناء الحمل حيث يحفزها على النمو التدريجى.<br>٣- يمنع التبويض فتتوقف الدورة الشهرية لما بعد الولادة.<br>• إفراز هرمون الريلاكسين الذى يزيد إفرازه عند نهاية فترة الحمل فيعمل على ارتخاء الارتفاق العانى لتسهيل عملية الولادة. |



# الإخصاب Fertilization

**الإخصاب**

عملية اندماج المشيج المذكر (الحيوان المنوى) مع المشيج المؤنث (البويضة) لتكوين الزيجوت الذى ينقسم ميتوزيًا مكونًا الجنين.

**مكان الحدوث:** فى الثلث الأول من قناة فالوب.

**توقيت الحدوث:** بعد تحرر البويضة من المبيض فى اليوم الرابع عشر من بدء الطمث يمكن إخصابها بواسطة الحيوانات المنوية خلال يومين.

**كيفية الحدوث:** يدخل البويضة رأس وعنق حيوان منوى واحد تاركًا القطعة الوسطى والذيل خارجًا ثم تحيط البويضة نفسها بغلاف يمنع دخول أى حيوان منوى آخر ... **فسر؟**

لأن التضاعف الثلاثى فى الإنسان مميت ويؤدى لإجهاض الجنين.



إخصاب البويضة

### ملحوظة

يعتبر الرجل عقيمًا إذا كان عدد الحيوانات المنوية أقل من ٢٠ مليون فى كل مرة تزاوج ... **علل؟**

لأنه:

١- يفقد الكثير من الحيوانات المنوية أثناء رحلتها للوصول لمكان المشيج الأنثوى..

٢- يلزم أن يشترك عدد كبير من الحيوانات المنوية فى إفراز هرمون الهيالويورنيز الذى يعمل على إذابة غلاف البويضة المتماسك بفعل حمض الهيالويورنيك لإتمام عملية الإخصاب.

### أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتي:

- أول ميتوكوندريا يحصل عليها الجنين تكون من الأم فقط وليس من الأب.

لأنه أثناء عملية الإخصاب يدخل البويضة رأس وعنق الحيوان المنوى فقط بينما تظل القطعة الوسطى التى تحتوى على الميتوكوندريا والذيل خارجًا فلا تشترك فى تكوين اللاقحة وبالتالى تكون أول ميتوكوندريا تدخل فى تكوين اللاقحة هى الموجودة داخل بويضة الأم فقط.

### ماذا يحدث عند:

١ وصول الحيوانات المنوية إلى قناة فالوب فى اليوم العاشر من بدء الطمث.

لن يحدث إخصاب فلا تتكون لاقحة ولا جنين؛ لأن الحيوانات المنوية تموت قبل تحرر البويضة فى اليوم الرابع عشر من بدء الطمث حيث تبقى حية داخل الجهاز التناسلى الأنثوى من (٢ : ٣) يوم.

٢ وصول الحيوانات المنوية إلى قناة فالوب فى اليوم الثالث عشر من بدء الطمث.

تبقى الحيوانات المنوية حية داخل الجهاز التناسلى للأنثى من (٢ : ٣) يوم وعندما تتحرر البويضة فى اليوم الرابع عشر قد يتم إخصابها فى الثلث الأول من قناة فالوب وبالتالى تتكون لاقحة تنمو إلى جنين.

٣ وصول الحيوانات المنوية إلى قناة فالوب فى اليوم التاسع عشر من بدء الطمث.

لن يحدث إخصاب فلا تتكون لاقحة ولا جنين؛ لهلاك البويضة لأنها لا تكون جاهزة للإخصاب إلا خلال يومين من تحررها فى اليوم الرابع عشر من بدء الطمث.

## الحمل ونمو الجنين

تفلج البويضة المخصبة

١ **بعد يـوم من الإخصـاب:** تنقسم اللاقحة (الزيجوت) انقسامًا ميتوزيًا إلى خليتين (فلجتين).

٢ **بعد يومين من الإخصـاب:** تتضاعف الخليتين إلى أربع خلايا.

٣ يتكرر الانقسام حتى تتحول إلى كتلة من الخلايا الصغيرة تعرف بـ«**التوتية Morula**» التى تهبط بدفع أهداب قناة فالوب لها لتصل إلى الرحم وتنغمس بين ثنايا بطانة الرحم السميكة فى نهاية الأسبوع الأول.

**التوتية**

كتلة من الخلايا الصغيرة ناتجة عن الانقسام الميتوزى للزيجوت تنغمس فى ثنايا بطانة الرحم فى نهاية الأسبوع الأول من الحمل بواسطة دفع أهداب قناة فالوب لها.

٤ يتزايد نمو الجنين ويتدرج بناء الأنسجة وتكوين الأعضاء وينشأ حول الجنين أغشية تعرف بـ«**الأغشية الجنينية**».

**ملحوظات**

- تتميز بطانة الرحم بالإمداد الدموى اللازم لتكوين الجنين طوال أشهر الحمل التسعة.
- تتم عملية الإخصاب في الثلث الأول من قناة فالوب ... **علل ؟**

لأن البويضة مشيج أنثوى ساكن تحتاج للمرور خلال قناة فالوب ودفعها بواسطة الأهداب ما يقرب من أسبوع فى حين أن المتوسط الزمنى للمدة التى تستطيع البويضة أن تبقى فيها حية داخل الأنثى (١ : ٢) يوم ثم تموت وتتحلل، كما أن الثلث الاول من قناة فالوب هو الجزء الأوسع فيسع أكبر عدد من الحيوانات المنوية وهو مبطن بطبقة تفرز سائل يعمل على تغذية الحيوانات المنوية بعد رحلتها الطويلة داخل الجهاز التناسلى الأنثوى فتزداد فرص الإخصاب فى كل مرة تزاوج.





## الأغشية الجنينية

تشمل الأغشية الجنينة غشاءان، الداخلى يسمى «الرهل Amnion »، والخارجى يسمى «السُلى Chorion».




الجنين والأغشية الجنينية

### - مقارنة بين غشاء الرهل وغشاء السُلى:

| غشاء الرهل (الأمنيون) | غشاء السُلى (الكوريون) |
|---|---|
| - الغشاء الداخلى.<br>- يحيط بالجنين داخل الرحم.<br>- يحتوى على سائل يحمى الجنين من الجفاف ويساعده على تحمل الصدمات.<br>- تلتحم حوافه لتكوين الحبل السرى. | - الغشاء الخارجى.<br>- يحيط بغشاء الرهل داخل الرحم.<br>- يعمل على حماية الجنين.<br>- تلتحم حوافه لتكوين المشيمة. |

### - مقارنة بين المشيمة والحبل السرى:

| | المشيمة | الحبل السرى |
|---|---|---|
| الوصف | بروزات أو خملات إصبعية الشكل تنغمس داخل بطانة الرحم وتتلامس فيها الشعيرات الدموية لكل من الجنين والأم. | نسيج غنى بالشعيرات الدموية يصل طوله حوالى ٧٠ سم. |
| المنشأ | تخرج من غشاء السلى. | يخرج من الرهل. |
| الوظيفة | ١ نقل المواد الغذائية المهضومة والماء والأكسجين والفيتامينات من دم الأم لدم الجنين بالانتشار.<br>٢ تخلص الجنين من المواد الإخراجية دون أن يختلط دم الجنين بدم الأم.<br>٣ تفرز هرمون البروجسترون بدءً من الشهر الرابع للحمل وذلك بعد ضمور | ١ طوله ٧٠ سم حتى يسمح بحرية حركة الجنين.<br>٢ نقل المواد الغذائية المهضومة والماء والأكسجين والفيتامينات و الأملاح من المشيمة إلى الدورة الدموية للجنين.<br>٣ نقل المواد الإخراجية وثانى أكسيد الكربون من الدورة الدموية للجنين إلى المشيمة. |

| | | |
|---|---|---|
| | الجسم الأصفر وهكذا تصبح المشيمة هى مصدر البروجسترون.<br>٤ تفرز هرمون الريلاكسين الذى يزداد إفرازه عند نهاية فترة الحمل ليعمل على ارتخاء الارتفاق العانى ليسهل عملية الولادة الطبيعية. | |

**ملحوظة**

تقوم المشيمة بنقل العقاقير والمواد الضارة مثل الكحول والنيكوتين والفيروسات من دم الأم إلى الجنين مما يسبب له أضرارًا بالغة وتشوهات وأمراض.

## مراحل تكوين الجنين

| المرحلة الأولى | المرحلة الثانية | المرحلة الثالثة |
|---|---|---|
| | | |
| تشمل الثلاث شهور الأولي:<br>■ يبدأ تكوين الجهاز العصبى والقلب (فى الشهر الأول).<br>■ تتميز العينان واليدان.<br>■ يتميز الذكر عن الأنثى إذ تتكون الخصيتان فى الأسبوع السادس ويتكون المبيضان فى الأسبوع الثانى عشر.<br>■ يصبح للجنين القدرة على الاستجابة. | تشمل الثلاث شهور الوسطى:<br>■ يكتمل نمو القلب إذ تسمع دقاته.<br>■ يتكون الجهاز العظمى.<br>■ تكتمل أعضاء الحس.<br>■ يزداد نمو الجنين فى الحجم. | تشمل الثلاث شهور الأخيرة:<br>■ يكتمل نمو المخ.<br>■ يستكمل نمو باقى الأجزاء الداخلية.<br>■ يتباطأ نمو الجنين فى الحجم.<br>■ يبدأ تفكك المشيمة ويقل إفراز هرمون البروجسترون ويقل تماسك الجنين فى الرحم استعدادًا للولادة. |

## الولادة والرضاعة

### الولادة

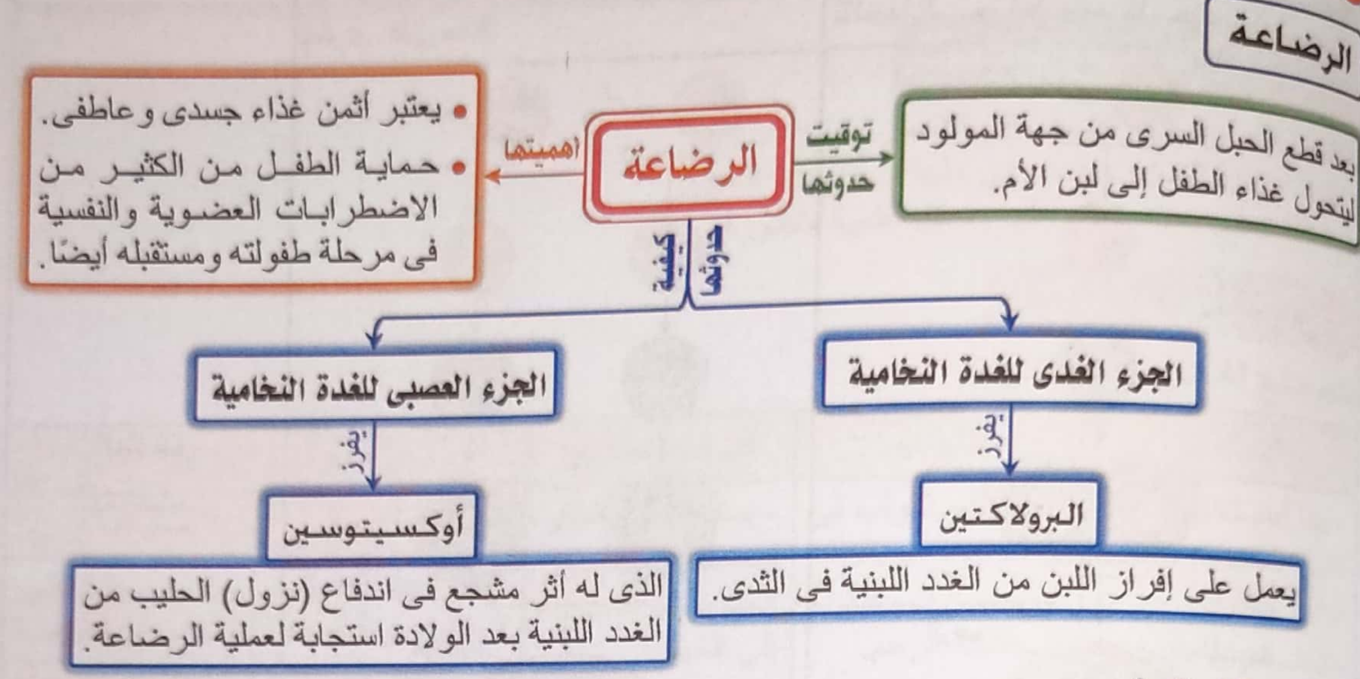
**وقت حدوثها:** تحدث غالبًا فى الشهر التاسع من الحمل.

**كيفية حدوثها:**

١ يبدأ تفكك المشيمة من الرحم وبالتالى يقل إفراز هرمون البروجسترون.

٢ يقل تماسك الجنين بالرحم؛ استعدادًا للولادة.
٣ تنقبض عضلات الرحم بشكل متتابع وسريع فيندفع الجنين إلى الخارج فيما يعرف بـ«**المخاض**».
٤ يصرخ المولود حتى يبدأ جهازه التنفسى فى العمل إثر هذه الصرخة.
٥ تنفصل المشيمة من جدار الرحم وتطرد للخارج.
٦ يتم قطع الحبل السرى من جهة المولود.

## الرضاعة




### أهمية لبن الأم للجنين:

١ يعتبر أثمن غذاء جسدى وعاطفي.
٢ حماية الطفل من الكثير من الاضطرابات العضوية والنفسية فى مرحلة طفولته ومستقبله أيضًا.

### ملحوظات

**العمر المناسب للحمل:**
- **عمر الأنثى:** من ١٨ : ٣٥ سنة، وإذا قل أو زاد العمر عن ذلك، يتعرض كل من الأم والجنين لمتاعب خطيرة كما تزداد احتمالات التشوه الخلقى بين أبنائها.
- **عمر الذكر:** لا يكون زوج مسن.

**مدة الحمل:** تختلف باختلاف نوع الكائن الحى كما يلى:
- **الإنسان:** ٢٧٠ يوم (٩ شهور).
- **الأغنام:** ١٥٠ يوم (٥ شهور).
- **الفئران:** ٢١ يوم (٣ أسابيع).

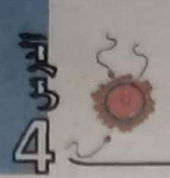
**تعدد المواليد:**
- **المعدل الطبيعي:** جنين واحد فى كل مرة.
- **المعدل غير طبيعي:** تتعدد المواليد حتى ستة أطفال فى المرة الواحدة.
- **أكثر التوائم شيوعًا:** التوائم الثنائية حيث تصل نسبتها فى العالم إلى (١ توائم ثنائية : ٨٦ ولادة فردية)، وتندر التوائم المتعددة.

**هناك نوعان من التوائم، هما:**

| | توائم غير متماثلة - متآخية<br>Dizygotic Twins (ثنائية اللاقحة) | توائم متماثلة<br>Monozygotic Twins (أحادية اللاقحة) |
|---|---|---|
| كيفية الحدوث | ينتج من تحرر بويضتين من مبيض واحد أو الاثنين وإخصاب كل منهما بحيوان منوى على حدة. | ينتج من تحرر بويضة واحدة وإخصابها بحيوان منوى واحد فتنقسم اللاقحة أثناء تفلجها إلى جزئين ينمو كل جزء مكونًا جنين. |
| الشكل التوضيحى | الرحم<br>المشيمة<br>المشيمة<br>غشاء الرهل<br>غشاء السُلى<br>كيس جنينى | الرحم<br>المشيمة<br>غشاء الرهل<br>غشاء السُلى<br>كيس جنينى<br>كيس جنينى |
| التركيب | لكل جنين منهما كيس جنينى ومشيمة مستقلة. | للجنينين مشيمة واحدة. |
| الجينات والصفات الوراثية | يحملان جينات مختلفة وبالتالى يختلفان فى الصفات الوراثية (شقيقان لهما نفس العمر). | يحملان نفس الجينات وبالتالى يتطابقان تمامًا فى جميع الصفات الوراثية. |
| الجنس | قد يختلفان فى الجنس. | لهما نفس الجنس. |
| كمية الروجسترون المفرزة لدى الأم | تفرز كمية أكبر من البروجسترون. | تفرز كمية أقل من البروجسترون. |
| عدد المشيمة الناتجة بعد الولادة | يتم فصل مشيمتين من جدار الرحم. | يتم فصل مشيمة واحد من جدار الرحم. |

**التوأم السيامى**

توأم متماثل يولد ملتصق فى مكان ما فى الجسم ويمكن الفصل بينهما جراحيًا فى بعض الحالات.



**أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتي:**

- يمكن نقل عضو من أحد التوائم المتماثلة للآخر دون حدوث خلل وظيفى.

لأن التوأم المتماثل ينتج من تحرر بويضة واحدة وإخصابها بحيوان منوى واحد مكونًا لاقحة تنقسم أثناء تفلجها إلى جزئين ينمو كل جزء منهما مكونًا جنين ويكون للجنينان مشيمة واحدة وبالتالى يحملان نفس الجينات ويتطابقان فى جميع الصفات الوراثية والجنس فلا يهاجم الجهاز المناعى العضو المنقول ولا يحدث خلل وظيفى.

## مشاكل مرتبطة بالإنجاب

هناك مشاكل مرتبطة بالإنجاب فى الإنسان، **هي:**

- **مشكلة زيادة النسل:** يستخدم فى حلها وسائل منع الحمل.
- **مشكلة العقم:** يستخدم فى حلها وسائل علمية متطورة.

### وسائل منع الحمل

**يتم منع الحمل بعدة طرق:**

| الأقراص | اللولب | الواقى الذكرى | التعقيم الجراحى | |
|---|---|---|---|---|
| | | | عند الرجل | عند الأنثى |
| - يبدأ استخدامها بعد انتهاء الطمث ولمدة ٣ أسابيع متتالية.<br>- تحتوى على هرمونات صناعية تشبه الإستروجين والبروجسترون. | - يستقر اللولب فى الرحم لمنع استقرار البويضة المخصبة فى بطانة الرحم. | - يستخدمه الذكر لمنع دخول الحيوانات المنوية إلى المهبل. | - يتم ربط الوعائين الناقلين أو قطعهما لمنع خروج الحيوانات المنوية خلالهما. | - يتم ربط قناتى فالوب أو قطعهما لمنع وصول الحيوانات المنوية إلى البويضة. |
| - تمنع عملية التبويض. | - لا يمنع التبويض ولا الإخصاب.<br>- يحدث فى وجوده انقسام ميوزى ثان للخلية البيضية الثانوية فى قناة فالوب | - لا يمنع التبويض ولكن يمنع الإخصاب. | - لا يمنع التبويض ولكن يمنع الإخصاب. | - لا يمنع التبويض ولكن يمنع الإخصاب. |

**أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتي:**

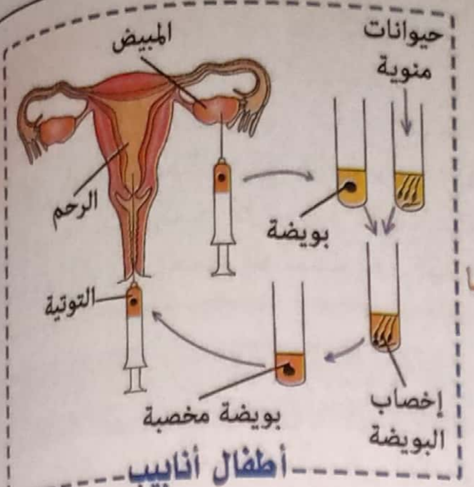
- قد يحدث الطمث رغم عدم حدوث تبويض لدى بعض الإناث.

لأن ذلك قد يحدث فى حالة تناول المرأة أقراص منع الحمل التى تحتوى على هرمونات صناعية تشبه الإستروجين والبروجسترون مما يمنع عملية التبويض ويهيئ الرحم للحمل لفترة محدودة ثم تتهدم بطانته تدريجيًا والتى يصاحبها نزيف وخروج الدم فيما يعرف بالطمث.

## وسائل علاج العقم

يوجد عدة وسائل علمية متطورة لعلاج هذه المشكلة، أشهرها:

### أطفال الأنابيب




١. يتم فصل بويضة من مبيض المرأة وإخصابها بحيوان منوى من زوجها داخل أنبوبة اختبار.
٢. يتم رعاية البويضة فى وسط غذائى مناسب حتى تصل لمرحلة التوتية.
٣. يتم زراعة التوتية فى رحم الزوجة حتى يتم اكتمال نمو الجنين.

**اذكر مثالاً لكل حالة مما يأتي:**

١. إخصاب خارجى وتكوين جنين داخلى: أطفال أنابيب.
٢. إخصاب خارجى وتكوين جنين خارجى: الحيوانات المائية مثل الأسماك العظمية والضفادع.
٣. إخصاب داخلى وتكوين جنين خارجى: الحيوانات البرية مثل الزواحف والطيور.

## زراعة الأنوية

**زراعة الأنوية**

إحلال نواة خلية جنينية متقدمة محل نواة بويضة غير مخصبة لنفس نوع الكائن الحى قد سبق نزع نواتها أو تحطيمها بالإشعاع فتنمو إلى فرد جديد ينتمى فى صفاته للنواة المنزرعة.

**كائنات يمكن حدوثها فيها:** الضفادع والفئران.

**تجربة على الضفدعة:**

١. تم إزالة أنوية خلايا أجنة الضفدعة فى مراحل مختلفة من النمو.
٢. تم زراعة هذه الأنوية فى بويضات غير مخصبة للضفادع قد سبق نزع أنويتها أو تحطيمها بالإشعاع.
٣. مضت كل من هذه البويضات فى النمو العادى إلى أفراد لهم صفات الأنوية المزروعة.
٤. أمكن من ذلك إثبات قدرة الأنوية المنزرعة (النواة التى جاءت من خلية من جنين متقدم) على توجيه نمو الجنين مثل نواة اللاقحة الأصلية نفسها.

**مثال على فأر:**

عند زراعة نواة إحدى خلايا جنين فأر A مكان بويضة فأر غير مخصبة B فى رحم أم ثالثة C فإنها تنمو وتعطى فرد جديد ينتمى فى صفاته إلى الأم A صاحبة النواة المنزرعة.

أسئلة متنوعة:

1. كيف تحصل من بويضة غير مخصبة على فرد كامل بطريقتين مختلفتين ؟ وكيف تميز بينهما ؟

- عن طريق:
  - **زراعة الأنوية:** وذلك بإحلال نواة خلية جنينية متقدمة محل نواة بويضة غير مخصبة لنفس نوع الكائن الحى قد سبق نزع نواتها أو تحطيمها بالإشعاع فتنمو إلى فرد جديد ينتمى فى صفاته للنواة المنزرعة.
  - **التوالد البكرى الصناعى:** وذلك بتنشيط البويضة بواسطة تعريضها لصدمة حرارية أو كهربائية أو للإشعاع أو لبعض الأملاح أو للرج أو الوخز بالأبر فتتضاعف صبغياتها بدون إخصاب مكونة أفراد تشبه الأم تمامًا.
- يمكن التمييز بينهما عن طريق الجنس حيث يكون:
  - الفرد الناتج من التوالد البكرى الصناعى دائمًا أنثى.
  - الفرد الناتج من زراعة الأنوية قد يكون ذكر أو أنثى حسب النواة المنزرعة.

2. كيف تحصل على فئران ذكور من بويضات فقط ؟

عن طريق تقنية **زراعة الأنوية**، حيث يتم إزالة أنوية من خلايا أجنة فئران كان مقرر لها أن تكون ذكورًا ويتم زراعتها فى بويضات غير مخصبة سبق نزع نواتها أو تحطيمها بالإشعاع فتنمو إلى فئران ذكور.

3. كيف تحصل على جنين الضفدعة بثلاث طرق مختلفة، موضحًا جنس الجنين ؟

- **توالد بكرى صناعى:** وذلك بتنشيط البويضة بواسطة تعريضها لصدمة حرارية أو كهربائية أو للإشعاع أو لبعض الأملاح أو للرج أو الوخز بالأبر فتتضاعف صبغياتها بدون إخصاب مكونة أفراد تشبه الأم تمامًا.
  جنس الجنين: أنثى.
- **زراعة أنوية:** وذلك بإحلال نواة خلية جنينية متقدمة محل نواة بويضة غير مخصبة لنفس نوع الكائن الحى قد سبق نزع نواتها أو تحطيمها بالإشعاع فتنمو إلى فرد جديد ينتمى فى صفاته للنواة المنزرعة.
  جنس الجنين: ذكر أو أنثى حسب نواة الجنين.
- **إخصاب طبيعى خارجى:** وذلك فى الماء بين ذكر وأنثى فتنمو اللاقحة وتنقسم مكونة الجنين.
  جنس الجنين: ذكر أو أنثى.

4. اذكر ثلاث حالات تتحول فيها الخلية (ن) إلى خلية (٢ن).

التوالد البكرى الصناعى - زراعة الأنوية - الاقتران فى الأسبيروجيرا.

## بنوك الأمشاج

**مكان وجودها:** توجد فى بعض دول أوروبا وأمريكا خاصة للماشية والخيول.

**أهميتها:**

1. **الحفاظ على بعض الأنواع من الانقراض والإكثار منها وقت الحاجة:**
- تحفظ أمشاج هذه الحيوانات فى حالة تبريد شديد (-١٢٠°م) لمدة تصل إلى ٢٠ سنة.
- تستخدم هذه الأمشاج بعد ذلك فى التلقيح الصناعى حتى بعد وفاة أصحابها أو تعرض بعض الأنواع النادرة منها للانقراض.

2. **التحكم فى جنس المواليد:**

تجرى بحوث للتحكم فى جنس المواليد فى حيوانات المزرعة، **من خلال:**
- فصل الحيوانات المنوية ذات الصبغى (X) عن الحيوانات المنوية ذات الصبغى (Y) من خلال طريقتين:
  - وسائل معملية كالطرد المركزى.
  - تعريضها لمجال كهربى محدود.

- يتم تطبيق هذه التقنية على الماشية بهدف إنتاج:
ذكور فقط: لإنتاج اللحوم.
إناث فقط: بهدف إنتاج الألبان والتكاثر (حسب الحاجة).
- يرغب بعض الناس بالاحتفاظ بأمشاجهم فى تلك البنوك ... **فسر؟**
ضمانًا لاستمرار نسلهم حتى بعد وفاتهم بسنوات طويلة.
والسؤال الآن: هل ستنجح هذه التقنية فى حالة الإنسان ؟

## أسئلة متنوعة:

**١ اذكر اسم التقنية المستخدمة فى كل حالة:**
١- الحفاظ على الحيوانات النادرة والمهددة بالانقراض= بنوك الأمشاج.
٢- الحفاظ على النباتات النادرة والمهددة بالانقراض= زراعة الأنسجة.

**٢ كيف يمكن الحصول على جنين ذكر من أنثى تعانى من انسداد فى قناتى فالوب ؟**
١- يتم فصل الحيوانات المنوية الخاصة بالزوج ذات الصبغى (X) عن الحيوانات المنوية ذات الصبغى (Y) وذلك بتعريضها لمجال كهربى محدود أو باستخدام وسائل معملية كالطرد المركزى ثم يتم استخدام الحيوانات المنوية ذات الصبغى (Y) فى عملية الإخصاب.
٢- يتم فصل بويضة من مبيض امرأة وإخصابها بحيوانات منوية ذات صبغى (Y) داخل أنبوبة اختبار.
٣- يتم رعاية البويضة المخصبة فى وسط غذائى مناسب حتى تصل لمرحلة التوتية.
٤- يعاد زراعة التوتية فى رحم الزوجة حتى اكتمال نمو الجنين.

**٣ قد يولد الأطفال بنسبة عالية من التشوهات الخلقية.**
- لأن عمر الأنثى قد يقل عن ١٨ سنة أو يزيد عن ٣٥ سنة أو قد يكون الزوج مسن مما يعرض الأم والجنين لمتاعب خطيرة كما تزداد احتمالات التشوه الخلقى بين أبنائها.
- بسبب تناول الأم العقاقير الضارة والكحولات والنيكوتين والتى تنتقل للجنين عبر المشيمة.

## وظائف مزدوجة على التكاثر

- **الحبل السرى.**

فى النبات: يصل البويضة بجدار المبيض ويصل إليها من خلاله المواد الغذائية.
فى الإنسان:
١- حرية حركة الجنين.
٢- نقل المواد الغذائية المهضومة والماء والأكسجين والفيتامينات والأملاح من المشيمة إلى الدورة الدموية للجنين.
٣- نقل المواد الإخراجية وثانى أكسيد الكربون من الدورة الدموية للجنين إلى المشيمة.

- **النقير.**

فى البذرة: يدخل منه الماء إلى البذرة أثناء عملية الإنبات.
فى البويضة: يتم من خلاله انتقال النواتان الذكريتان خلال أنبوبة اللقاح لإتمام عملية الإخصاب المزدوج.

- **الخلايا البينية.**

فى الهيدرا: تنقسم ميتوزيًا لتعطى برعم ينمو مكونًا فرد جديد.
فى الإنسان: إفراز هرمون التستوستيرون والأندروستيرون والمسؤولان عن إظهار الصفات الجنينية الثانوية للذكر عند البلوغ ونمو البروستاتا والحوصلتين المنويتين.

## أسئلة بنظام Open Book

**(١) اذكر مثالا لـ:**

١- تكاثر لاجنسي يؤدي إلي تنوع في الصفات الوراثية.
٢- تكاثر جنسي لا يؤدي إلي تنوع في الصفات الوراثية.
٣- تكاثر لاجنسي يعتمد علي خلايا جنسية.
٤- تكاثر جنسي يعتمد علي خلايا جسدية.

**-:الإجابة:-**

١- التوالد البكري في نحل العسل
٢- الاقتران الجانبي في الإسبيروجيرا
٣- التوالد البكري
٤- الاقتران

**(٢) اختر الإجابة الصحيحة مما بين الأقواس:**

١- عدد إناث حشرة المن .......... عدد ذكور حشرة المن .

(أ) أقل من (ب) يساوي (ج) أكثر من (د) لا توجد إجابة صحيحة

٢- إذا علمت أن الحيوانات المنوية (X) أطول عمرا وأقل سرعة من الحيوانات المنوية (Y) فإن الاحتمال الأكبر أن يكون الجنين ذكرا أن تصل الحيوانات المنوية لقناة فالوب في اليوم الـ .......... من بدء الطمث

(أ) ١٢ (ب) ١٥ (ج) ١٦ (د) ١٧

٣- إذا علمت أن الحيوانات المنوية (X) أطول عمرا وأقل سرعة من الحيوانات المنوية (Y) فإن الاحتمال الأكبر أن يكون الجنين أنثي أن تصل الحيوانات المنوية لقناة فالوب في اليوم ال .......... من بدء الطمث

(أ) ١٢ (ب) ١٣ (ج) ١٤ (د) ١٥

٤- يتكون الجزء الجنيني من المشيمة من ..........

(أ) غشاء الأمنيون (ب) غشاء الكوريون (ج) جدار الرحم (د) جميع ما سبق

٥- طريقة ميكانيكية لمنع الحمل في الإنسان ..........

(أ) الأقراص (ب) اللولب (ج) الواقي الذكري (د) التعقيم الجراحي

٥- ب ٤- ب ٣- أ ٢- ب ١- ج

**(٣)** الجدول التالي يعبر عن تأثير بعض وسائل منع الحمل علي الانقسامات الميوزية لبويضة امرأة ناضجة.
إلام يشير كل من أ ، ب ، ج علي الترتيب ؟

| | انقسام ميوزي أول | انقسام ميوزي ثان |
|---|---|---|
| أ | ✓ | ✓ |
| ب | ✓ | ✗ |
| ج | ✗ | ✗ |

(أ) اللولب – الأقراص – الواقي الذكري
(ب) الأقراص – التعقيم الجراحي – اللولب
(ج) اللولب – الواقي الذكري – الأقراص
(د) التعقيم الجراحي - الواقي الذكري – اللولب

٤ الجدول التالي يعبر عن تأثير بعض وسائل منع الحمل علي عمليتي التبويض والإخصاب.
إلام يشير كل من أ ، ب ، ج علي الترتيب ؟

| | التبويض | الإخصاب |
|---|---|---|
| أ | ✗ | ✗ |
| ب | ✓ | ✓ |
| ج | ✓ | ✗ |

(أ) الأقراص – التعقيم الجراحي – اللولب
(ب) الأقراص - اللولب – التعقيم الجراحي
(ج) التعقيم الجراحي – الأقراص – الواقي الذكري
(د) اللولب – الواقي الذكري – الأقراص

٥ الشكل المقابل يعبر عن التركيب المجهري لمبيض امرأة متزوجة علي مدار
أي وسائل منع الحمل للمرأة يمكن أن يصاحبها هذه التغيرات في المبيض ؟

(أ) الأقراص
(ب) اللولب
(ج) الواقي الذكري
(د) التعقيم الجراحي

٦ الشكل المقابل يعبر عن التركيب المجهري لمبيض امرأة متزوجة علي مدار
أي وسائل منع الحمل للمرأة يمكن أن يصاحبها هذه التغيرات في المبيض ؟

(أ) الأقراص
(ب) اللولب
(ج) الواقي الذكري
(د) التعقيم الجراحي

٧ جميع وسائل منع الحمل التالية يصاحبها تكوين جسم أصفر في مبيض امرأة متزوجة ما عدا ..........

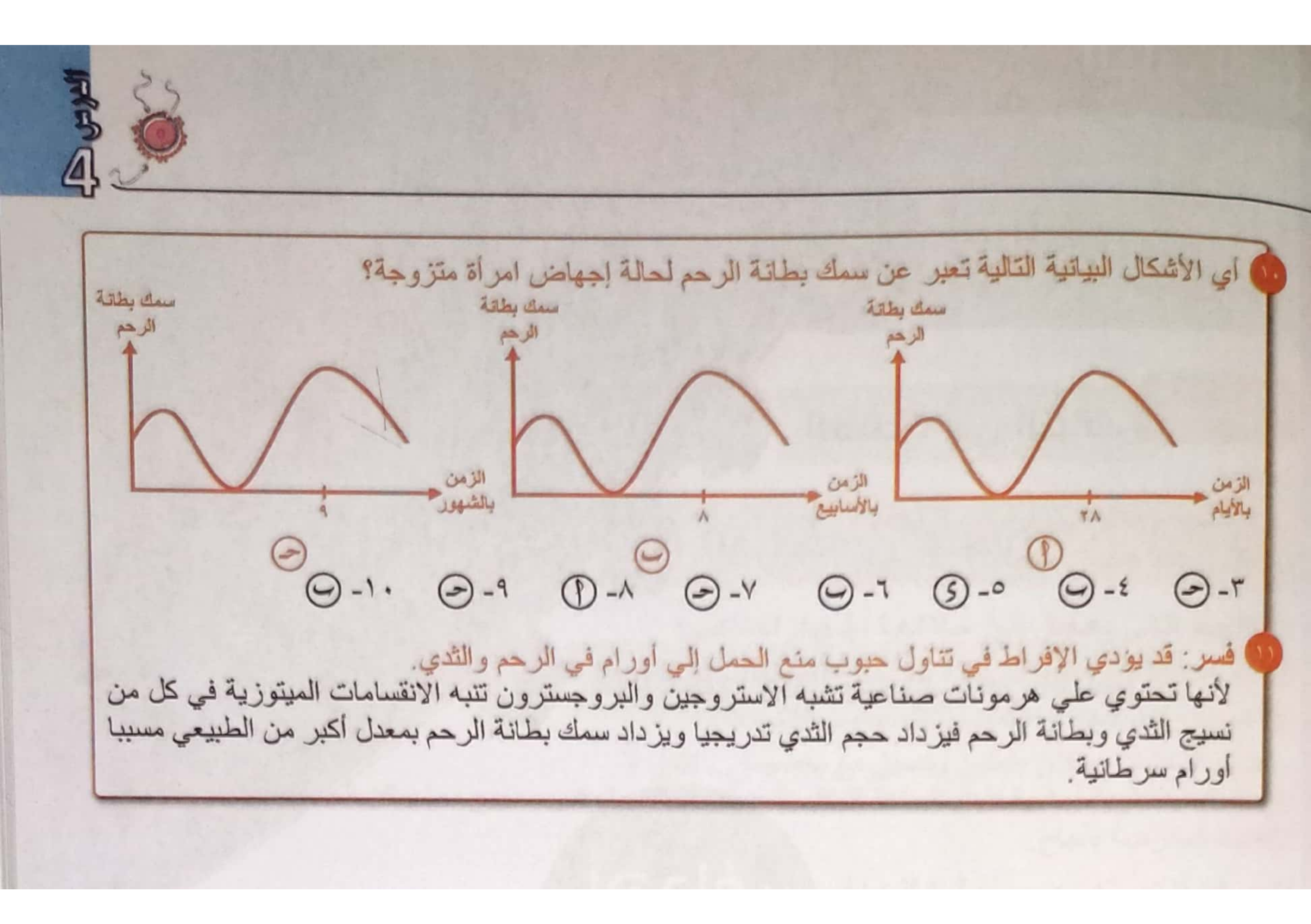
(أ) اللولب (ب) التعقيم الجراحي (ج) الأقراص (د) الواقي الذكري

٨ أي الأشكال البيانية التالية تعبر عن سمك بطانة الرحم لفتاة غير متزوجة في سن العشرين ؟

(أ) سمك بطانة الرحم – الزمن بالأيام – ٢٨
(ب) سمك بطانة الرحم – الزمن بالأسابيع – ٨
(ج) سمك بطانة الرحم – الزمن بالشهور – ٩

٩ أي الأشكال البيانية التالية تعبر عن سمك بطانة الرحم لحالة حمل سليم حتي الولادة ؟

(أ) سمك بطانة الرحم – الزمن بالأيام – ٢٨
(ب) سمك بطانة الرحم – الزمن بالأسابيع – ٨
(ج) سمك بطانة الرحم – الزمن بالشهور – ٩





**١٠** أي الأشكال البيانية التالية تعبر عن سمك بطانة الرحم لحالة إجهاض امرأة متزوجة؟



٣- ج ٤- ب ٥- د ٦- ب ٧- ج ٨- أ ٩- ج ١٠- ب

**١١** **فسر: قد يؤدي الإفراط في تناول حبوب منع الحمل إلي أورام في الرحم والثدي.**

لأنها تحتوي علي هرمونات صناعية تشبه الاستروجين والبروجسترون تنبه الانقسامات الميتوزية في كل من نسيج الثدي وبطانة الرحم فيزداد حجم الثدي تدريجيا ويزداد سمك بطانة الرحم بمعدل أكبر من الطبيعي مسببا أورام سرطانية.

الدرس 1

# المناعة فى النبات

## مقدمة

**المناعة**

مقدرة الجسم من خلال الجهاز المناعي على مقاومة مسببات المرض والأجسام الغريبة عن طريق منع دخول هذه الكائنات إلى جسم الكائن الحي أو مهاجمتها والقضاء عليها عند دخولها جسم الكائن الحي.

### الأنظمة التى يعمل من خلالها الجهاز المناعي:

1. **المناعة الفطريـة أو الموروثة** (الطبيعية=غير التخصصية=غير التكيفية=غير النوعية).
2. **المناعة المكتسبة أو التكيفية** (التخصصية=النوعية).

، وهذان النظامان يعملان بتعاون وتنسيق مع بعضهما ... **علل ؟**
لأن المناعة الفطرية أساسية لأداء المناعة المكتسبة عملها بنجاح والعكس صحيح مما يمكن الجسم من التعامل مع الكائنات الممرضة بنجاح.

### المصادر التى تهدد حياة الكائن الحي:

1. **مصادر حيوية:** مثل مسببات الأمراض كبعض الحشرات والبكتيريا والفيروسات والأوليات الحيوانية والفطريات
2. **مصادر غير حيوية:** مثل الحوادث والكوارث الطبيعية واختلال عناصر الطبيعة المحيطة

، وعلى ذلك تتعرض الكائنات الحية للتهديد المستمر من مصادر مختلفة ... **ما النتائج المترتبة على ؟**
تلجأ هذه الكائنات إلى الصراع الدائم مع ما يهدد حياتها من أخطار مما يجعلها تطور من آليات الدفاع عن نفسها من أجل البقاء عن طريق آليات دفاع الكائن الحى عن نفسه.

### آليات دفاع الكائن الحى عن نفسه:

- تغيير لون الجسم بغرض التمويه، مثل: الحرباء.
- إفراز السموم لقتل الكائن الآخر (العدو)، مثل: الثعبان.
- الجرى للهروب من العدو، مثل: الفأر.

## المناعة فى النبات

### مسببات المرض و الموت عند النبات:

| | (١) الأعداء الخطرة | (٢) الظروف غير الملائمة | (٣) المواد السامة |
|---|---|---|---|
| الأمثلة | - حيوانات الرعي.<br>- الحشرات.<br>- الفطريات.<br>- البكتيريا.<br>- الفيروسات. | - الحرارة العالية.<br>- البرودة الزائدة.<br>- نقص أو زيادة الماء.<br>- نقص العناصر الغذائية.<br>- التربة غير الملائمة. | - الدخان.<br>- الأبخرة السامة.<br>- المبيدات الحشرية.<br>- الصرف الصحى غير المعالج.<br>- المواد المتدفقة من المصانع إلى الأنهار أو مياه الري. |

| الأضرار الناتجة عنها | غالبًا ينشأ عنها أضرارًا بالغة قد تودى بحياة النبات أو تسبب له أمراضًا خطيرة. | ينشأ عنها أضرارًا يمكن تلافيها أو علاجها بزوال السبب إلا أن بعض المواد السامة قد تكون قاتلة للنبات. |
|---|---|---|

## طرق المناعة فى النبات Plant immunity

١ مناعة تركيبية Strucural immunity: تمثل خط الدفاع الأول.

٢ مناعة بيوكيميائية Biochemical immunity: تمثل خط الدفاع الثانى.

## ١ المناعة التركيبية Strucural immunity

**المناعة التركيبية**

حواجز وتراكيب طبيعية يمتلكها النبات وتمثل خط الدفاع الأول لمنع دخول الكائنات المسببة للأمراض إلى النبات وانتشارها بداخله.

**أقسامها:**

أ وسائل مناعية تركيبية موجودة أصلا (سلفا) فى النبات - قبل الإصابة -، تتمثل في:
١- الأدمة الخارجية لسطح النبات.
٢- الجدار الخلوى.

ب وسائل مناعية تركيبية تنشأ كاستجابة للإصابة بالكائنات الممرضة، تتمثل في:
١- تكوين الفلين. ٢- تكوين التيلوزات. ٣- ترسيب الصموغ.
٤- التخلص من النسيج المصاب (الحساسية المفرطة). ٥- التراكيب المناعية الخلوية.

### أ الوسائل المناعية التركيبية الموجودة أصلا (سلفًا) فى النبات

تتمثل المناعة في:
١- الأدمة الخارجية لسطح البنات.
٢- الجدار الخلوى.

**مقارنة بين الأدمة الخارجية لسطح النبات والجدار الخلوى:**

| ١- الأدمة الخارجية لسطح النبات | ٢- الجدار الخلوى |
|---|---|
| - تمثل حائط الصد الأول فى مقاومة مسببات المرض ... فسر؟ لأنها قد:<br>▪ تتغطى بطبقة شمعية تمنع استقرار الماء عليها فلا تتوافر البيئة الصالحة لنمو الفطريات وتكاثر البكتيريا.<br>▪ يكسوها شعيرات أو أشواك تمنع:<br>➢ تجمع الماء عليها مما يقلل من فرص الإصابة بالأمراض، مثل: ثمرة الكيوى.<br>➢ أكل النبات من بعض حيوانات الرعى كما فى التين الشوكي. | - يمثل الواقى الخارجى للخلايا خاصة طبقة البشرة الخارجية ... فسر؟<br>لأنه يتركب بصفة أساسية من السليلوز وبعد تغلظه باللجنين يصبح صلبًا مما يصعب على الكائنات الممرضة اختراقه وبالتالى منع دخول الكائنات الممرضة للنبات. |



### أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتي:

١ يمكن لثمرة التفاح التعرض للهواء لفترة محدودة دون تلف.
لأنها مغطاة بطبقة شمعية تمنع استقرار بخار الماء على سطحها فلا تتوافر البيئة المناسبة لنمو الفطريات وتكاثر البكتيريا فلا تتعرض للتلف.

٢ يلعب الكيوتين دورًا هامًا فى حماية النبات من مسببات الأمراض.
لأن الكيوتين يدخل فى تكوين الطبقة الخارجية التى تغطى الأدمة الخارجية لسطح النبات مما يمنع استقرار الماء عليها فلا تتوافر البيئة الصالحة لنمو الفطريات و تكاثر البكتيريا مما يعمل على حماية النبات.

٣ يلعب السليلوز واللجنين دورًا هامًا فى حماية النبات من مسببات الأمراض.
لأن السليلوز يدخل بصفة أساسية فى تركيب الجدار الخلوى الذى يتغلظ باللجنين بعد ذلك فيصبح صلبًا مما يصعب على الكائنات الممرضة اختراقه وبالتالى حماية النبات من مسببات الأمراض حيث يعتبر الجدار الخلوى الواقى الخارجى للخلايا خاصة خلايا طبقة البشرة الخارجية.

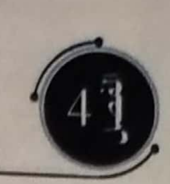
## ب الوسائل المناعية التركيبية الناتجة كاستجابة للإصابة بالكائنات الممرضة

تتمثل في:

١- تكوين الفلين. ٢- تكوين التيلوزات. ٣- ترسيب الصموغ.
٤- التخلص من النسيج المصاب (الحساسية المفرطة). ٥- التراكيب المناعية الخلوية.

### مقارنة بين تكوين الفلين وتكوين التيلوزات وترسيب الصموغ والحساسية المفرطة:

| | ١- تكوين الفلين | ٢- تكوين التيلوزات | ٣- ترسيب الصموغ | ٤- الحساسية المفرطة |
|---|---|---|---|---|
| توقيت الحدوث | عندما تتعرض المناطق النباتية للقطع أو التمزق نتيجة:<br>■ نمو النبات فى السمك.<br>■ سقوط الأوراق فى الخريف.<br>■ تعدى الإنسان والحيوان.<br>■ جمع الثمار. | عندما يتعرض الجهاز الوعائى للقطع أو الغزو من الكائنات الممرضة. | عندما يصاب النبات بقطوع أو جروح. | عندما يقوم النبات بـ التخلص من الكائن الممرض عن طريق قتل أنسجته المصابة. |
| الأهمية | عزل المناطق النباتية التى تتعرض للقطع أو التمزق ومنع دخول الكائنات الممرضة من خلالها. | تعيق حركة الكائنات الممرضة عن الوصول إلى الأجزاء الأخرى من النبات. | منع دخول الميكروبات داخل النبات من خلال الأجزاء المجروحة أو المقطوعة. | منع انتشار الكائن الممرض من الأنسجة المصابة إلى أنسجة النبات السليمة. |
| النتيجة | منع دخول الكائن الممرض. | منع انتشار الكائن الممرض. | منع دخول الكائن الممرض. | منع انتشار الكائن الممرض. |



**التيلوزات**

نموات زائدة تنشأ نتيجة تمدد الخلايا البارانشيمية المجاورة لقصيبات الخشب وتمتد داخلها من خلال النقر.

### ٥- التراكيب المناعية الخلوية:

**التراكيب المناعية الخلوية**

تراكيب خلوية فى النبات تحدث فيها بعض التغيرات الشكلية نتيجة غزو الكائنات الممرضة للنبات.

**أمثلة:**

- انتفاخ الجدر الخلوية لخلايا البشرة وتحت البشرة أثناء الاختراق المباشر للكائن الممرض وبالتالى تثبيط اختراقه لتلك الخلايا (أى يمنع دخوله إلى الخلايا).
- إحاطة خيوط الغزل الفطرى المهاجمة للنبات بغلاف عازل ... علل ؟ حتى يمنع انتقاله من خلية لأخرى وبالتالى منع انتشاره داخل الخلايا.

وضح التغيرات الشكلية التى تحدث لخلايا النبات عند إصابتها بالبكتريا.

## أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتى:

١ يلعب الجدار الخلوى دورًا مزدوجًا فى المناعة التركيبية للنبات.
(أو) يلعب الجدار الخلوى دورًا هامًا قبل وأثناء الاختراق المباشر للكائن الممرض.

حيث يمثل:

- إحدى وسائل المناعة التركيبية الموجودة أصلاً فى النبات حيث يعمل كواقى خارجى للخلايا خاصة خلايا البشرة الخارجية لأنه يتكون بصفة أساسية من السليلوز وبعد تغلظه باللجنين يزداد قوة وصلابة مما يصعب على الكائنات الممرضة اختراقه.
- إحدى وسائل المناعة التركيبية التى تنشأ كاستجابة للإصابة بالكائن الممرض حيث تنتفخ الجدر الخلوية لخلايا البشرة وتحت البشرة أثناء الاختراق المباشر للكائن الممرض مما يؤدى إلى تثبيط اختراقه لتلك الخلايا.

٢ يلعب السيوبرين دورًا هامًا فى المناعة التركيبية للنبات.

لأن السيوبرين يترسب فى طبقة الفلين التى تتكون عندما تتعرض المناطق النباتية للقطع أو التمزق لعزل هذه المناطق ومنع دخول الكائنات الممرضة من خلالها وبالتالى حماية النبات.

٣ يقتل النبات بعض أنسجته المصابة بالميكروب.

لمنع انتشار الميكروب (الكائن الممرض) من الأنسجة المصابة إلى الأنسجة السليمة للنبات وبالتالى يتخلص النبات من الكائن الممرض بموت النسيج المصاب.

## ما النتائج المترتبة على:

١ حدوث قطع فى جزء من النبات ؟

قد يلجأ النبات إلى:

- تكوين الفلين؛ لعزل المناطق النباتية التى تعرضت للقطع أو التمزق.
- ترسيب (إفراز) الصموغ حول مواضع القطع مما يمنع دخول الكائنات الممرضة للنبات.

٢ غياب الأشواك من نبات التين الشوكى.

يصبح النبات عرضة للأكل من بعض حيوانات الرعى.

## ٢ المناعة البيوكيميائية Biochemical immunity

**المناعة البيوكيميائية**

استجابة النبات لإفراز مواد كيميائية ضد الكائنات المرضة.

**تتضمن:**

- أ المستقبلات (Receptors) التى تدرك وجود الميكروب وتنشط دفاعات النبات.
- ب مواد كيميائية مضادة للكائنات الدقيقة (Antimicrobial chemicals).
- جـ بروتينات مضادة للكائنات الدقيقة (Antimicrobial proteins).

### مقارنة بين مكونات المناعة البيوكيميائية:

| المستقبلات | مواد كيميائية مضادة للكائنات الدقيقة | بروتينات مضادة للكائنات الدقيقة |
|---|---|---|
| - مركبات توجد فى النباتات المصابة والسليمة إلا أن تركيزها يزداد فى النباتات عقب الإصابة.<br><br>**وظيفتها:**<br>١- تدرك وجود الميكروب.<br>٢- تنشط دفاعات النبات بتحفيز وسائل جهاز المناعة الموروثة فيه؛ لذلك تعتبر حلقة الوصل بين المناعة التركيبية والمناعة البيوكيميائية. | - مركبات تفرزها بعض النباتات لمقاومة الكائنات الممرضة، **وهى قد:**<br>▪ تكون موجودة أصلا فى النبات قبل حدوث الإصابة.<br>▪ تؤدى الإصابة إلى تكوينها.<br><br>**من هذه المركبات:**<br>• **الفينولات والجلوكوزيدات:** مركبات كيميائية سامة تقتل الكائنات الممرضة أو تثبط نموها.<br>• **أحماض أمينية غير بروتينية:** لا تدخل فى تكوين البروتينات ولكنها تعمل كمواد واقية حيث تشمل مركبات كيميائية سامة للكائنات الممرضة، مثل: الكانافنين، السيفالوسبورين. | - بروتينات غير موجودة أصلا بالنبات ولكنه يستحث إنتاجها نتيجة الإصابة.<br><br>**وظيفتها:**<br>تتفاعل مع السموم التى تفرزها الكائنات الممرضة وتحولها إلى مركبات غير سامة للنبات.<br><br>**مثال:**<br>إنزيمات نزع السمية التى تتفاعل مع السموم التى تفرزها الكائنات الممرضة وتبطل سميتها. |

**ملحوظات**

- تلجأ بعض النباتات إلى تقوية وتعزيز دفاعاتها بعد الإصابة ... **علل ؟**
  حتى تحمى نفسها من أى إصابة جديدة لاستمرار وجود المواد الكيميائية التى تكونت نتيجة حدوث الإصابة.
- أحماض ليس لها شفرة = أحماض أمينية لا تدخل فى بناء البروتين:
  الكانافنين والسيفالوسبورين.
- إصابة النبات ببكتيريا سامة ... **ما النتائج المترتبة ؟**
  تدرك المستقبلات وجود هذه البكتيريا وتنشط دفاعات النبات بتحفيز وسائل جهاز المناعة الموروثة فيه لإفراز مواد كيميائية مضادة للكائنات الدقيقة منها مواد سامة وقاتلة مثل الفينولات والجلوكوزيدات، ومواد واقية، مثل: الكانافنين والسيفالوسبورين ثم إنزيمات نزع السمية للتفاعل مع السموم التى تفرزها البكتيريا وتبطل سميتها.

## دور الإنسان فى حماية النبات من الكائنات الممرضة

نظرًا لأهمية النبات للإنسان فإن الإنسان يستعمل طرقًا ويستحدث وسائل تعمل على حماية ووقاية النباتات من الأمراض، مثل:

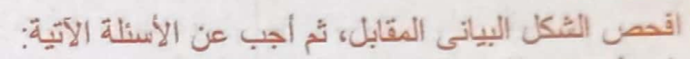
1. استعمال المبيدات للقضاء على الأعشاب الضارة.
2. مقاومة الحشرات بطرق مختلفة.
3. حث النباتات على مقاومة الأمراض فيما يعرف بـ**«المناعة المكتسبة»**.
4. إنتاج سلالات نباتية جديدة مقاومة للأمراض والحشرات من خلال:
   - التربية النباتية Breeding.
   - الهندسة الوراثية Genetic Engineering.

### ملحوظة

يلعب الجهاز الوعائى دورًا هامًا فى تدعيم الجهاز المناعى فى النبات ... **فسر؟**

- حيث تنتقل مركبات تنشيط الحماية والمقاومة من خلية لأخرى بطريقة منتظمة من خلال جهاز النقل (أوعية وقصيبات) والذى يقابل الأوعية الدموية فى الحيوانات.
- وعندما يتعرض الجهاز الوعائى للقطع أو الغزو من الكائنات الممرضة تمتد من الخلايا البارانشيمية المجاورة لقصيبات الخشب نموات زائدة تعرف بالتيلوزات تعيق حركة الكائنات الممرضة من الوصول للأجزاء الأخرى للنبات.

### فكرة



افحص الشكل البيانى المقابل، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

تركيز الكانافنين فى النبات
الأيام
(١) (٢) (٣)

١- هل يعتبر إفراز الكانافنين فى النبات وسيلة مناعية تركيبية أم وسيلة مناعية بيوكيميائية ؟ ولماذا ؟

وسيلة مناعية بيوكيميائية؛ لأنه مركب كيميائى سام للكائنات الممرضة ينتجه النبات ويعمل كمادة واقية له.

٢- ما سبب زيادة تركيز الكانافنين فى المرحلة (٢) ؟ وما سبب استمرار وجود الكانافنين فى المرحلة (٣) ؟

يزداد الكانافنين فى المرحلة (٢): بسبب إصابة النبات بكائن ممرض.
يستمر وجود الكانافنين فى المرحلة (٣): لتعزيز وتقوية دفاعات النبات بعد الإصابة لحماية النبات من أى إصابة جديدة.

٣- ما التركيب الكيميائى للكانافنين ؟

حمض أمينى غير بروتينى.

# المناعة فى الإنسان

## الجهاز المناعى فى الإنسان

### من الناحية التشريحية

- متناثر الأجزاء فى جميع أنحاء الجسم.
- أجزاؤه متفرقة لا ترتبط مع بعضها بصورة تشريحية متتالية كما فى الجهاز (الدورى - الهضمى - التنفسى).

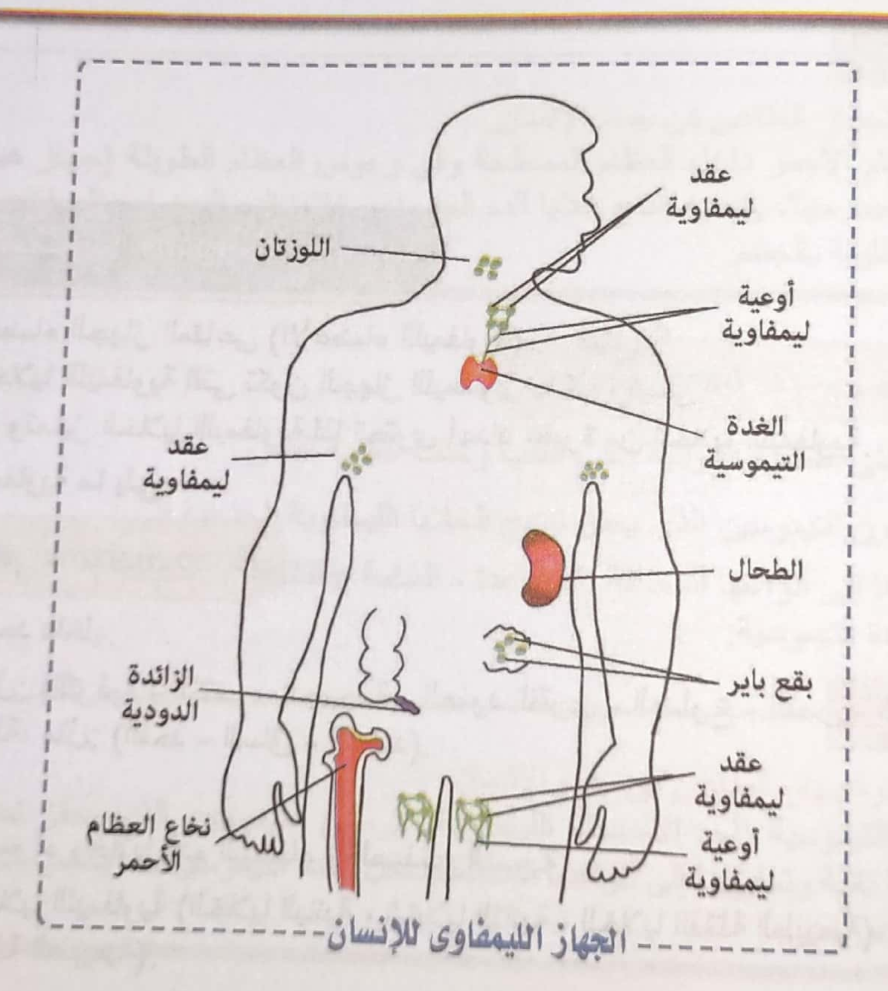
### من الناحية الوظيفية

- أجزاؤه تتفاعل وتتعاون مع بعضها بصورة متناسقة.
- يعتبر من الناحية الوظيفية وحدة واحدة.

**أجب عما يأتي:**

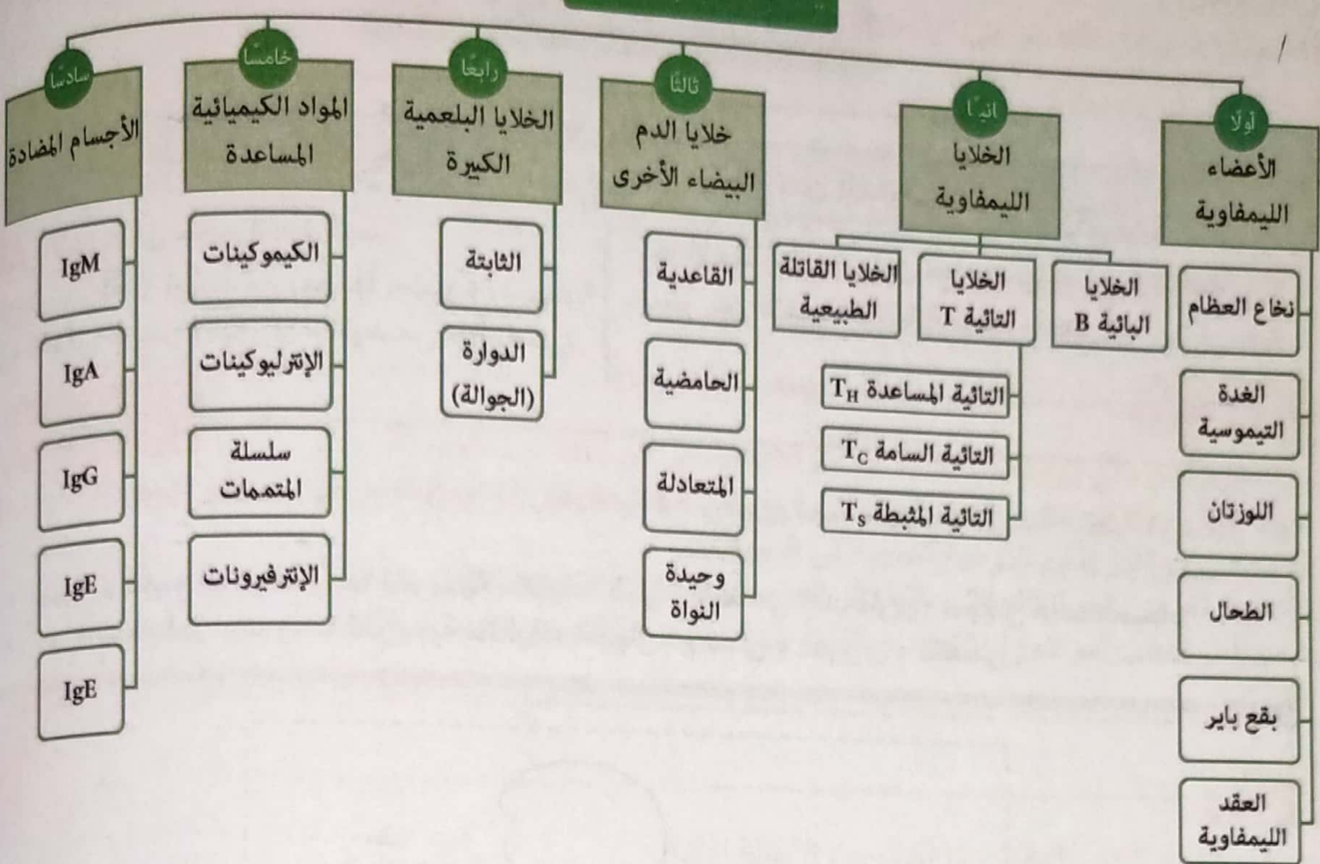
**اذكر أمثلة لأجهزة لا تجمع أجزاؤها وحدة تشريحية متتالية وأخرى تجمعها وحدة تشريحية متتالية فى جسم الإنسان.**

- أجهزة لا تجمع أجزاؤها وحدة تشريحية متتالية= الجهاز المناعى (الليمفاوى) ، جهاز الغدد الصماء.
- أجهزة تجمع أجزاؤها وحدة تشريحية متتالية= الجهاز الهضمى ، الدورى ، التنفسى.




الجهاز الليمفاوى للإنسان

## تركيب الجهاز المناعى الليمفاوى فى الإنسان




## أولاً الأعضاء الليمفاوية Lymphoid organs

- يطلق على بعض أعضاء الجهاز المناعى (الأعضاء الليمفاوية) ... علل ؟
  - لأنها تعد موطنًا للخلايا الليمفاوية التى تكون الجهاز الليمفاوى بشكل رئيسى.
  - لأنها يتم فيها نضج وتمايز الخلايا الليمفاوية لذا تحتوى أعداد غفيرة من الخلايا الليمفاوية.

ومن أهم الأعضاء الليمفاوية ما يلى:

### ١ نخاع العظام Bone marrow

**مكان وجوده:** نسيج يوجد داخل:

- العظام المسطحة، مثل: (الترقوة - الكتف - الجمجمة - العمود الفقرى - الضلوع - القص - الحوض).
- رءوس العظام الطويلة، مثل: (الفخذ - الساق - العضد).

**وظيفته:**

١ إنتاج خلايا الدم الحمراء وخلايا الدم البيضاء و الصفائح الدموية.

٢ تتكون فيه جميع الخلايا الليمفاوية (الخلايا البائية ، الخلايا التائية ، الخلايا القاتلة الطبيعية)، وتنضج فيه (الخلايا البائية ، الخلايا القاتلة الطبيعية).

## أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتي:

١ يلعب نخاع العظام الأحمر دورًا فى ٣ أجهزة مختلفة بالجسم.

لأنه:

- عبارة عن نسيج يتواجد داخل العظام المسطحة وفى رءوس العظام الطويلة والتى تعتبر المكونات الرئيسية للجهاز الهيكلى وبالتالى تدعيم الجسم.
- مسئول عن إنتاج خلايا الدم الحمراء والبيضاء و الصفائح الدموية والتى تعتبر من مكونات الدم (جزء من الجهاز الدورى بالجسم).
- تتكون فيه جميع الخلايا الليمفاوية وهى المكونات الرئيسية للجهاز الليمفاوى.

٢ تلعب الضلوع دورًا هامًا فى ٤ أجزاء مختلفة من الجسم.

لأنها تلعب دورًا هامًا ف عمل كل من:

- الجهاز الهيكلى: حيث يتكون القفص الصدرى من ١٢ زوج من الضلوع تعمل على حماية القلب والرئتين.
- الجهاز التنفسى: حيث تتحرك الضلوع أثناء عملية الشهيق إلى الأمام والجانبين لتزيد من اتساع التجويف الصدرى وتتحرك أثناء الزفير عكس ما تم فى عملية الشهيق.
- الجهاز المناعى (الليمفاوى): حيث تعتبر الضلوع من العظام المسطحة التى يتواجد بداخلها نخاع العظام الأحمر (أحد الأعضاء الليمفاوية) الذى يتكون داخله جميع الخلايا اللمفاوية.
- الجهاز الدورى: حيث يعمل نخاع العظام الأحمر الموجود داخلها على إنتاج خلايا الدم الحمراء والدم البيضاء الصفائح الدموية (المكونات الأساسية للدم).

## وضح العلاقة بين:

الجهاز الهيكلى والجهاز المناعى فى جسم الإنسان.

يتواجد نخاع العظام الأحمر داخل العظام المسطحة وفى رءوس العظام الطويلة (جهاز هيكلى)، ويلعب دورًا هامًا فى مناعة الجسم حيث يتم فيه إنتاج خلايا الدم الحمراء وخلايا الدم البيضاء والصفائح الدموية وتتكون فيه جميع الخلايا الليمفاوية بالجسم.

## ٢ الغدة التيموسية Thymus gland

**مكان وجودها**: تقع على القصبة الهوائية أعلى القلب وخلف عظمة القص.

**وظيفتها**: إفراز هرمون التيموسين الذى يحفز نضج الخلايا الليمفاوية الجذعية إلى الخلايا التائية وتمايزها إلى أنواعها المختلفة (المساعدة - السامة «القاتلة» - المثبطة «الكابحة») داخل الغدة التيموسية.

## وضح العلاقة بين:

الجهاز الهرمونى والجهاز المناعى فى جسم الإنسان.

حيث تفرز الغدة التيموسية (أحد الأعضاء الليمفاوية) هرمون التيموسين الذى يحفز نضج الخلايا الليمفاوية الجذعية إلى خلايا تائية وتمايزها إلى أنواعها المختلفة داخل الغدة التيموسية مما يكسب الجسم قدرة مناعية على مقاومة مسببات الأمراض.

## ٣ الطحال Spleen

**الحجم**: عضو ليمفاوى صغير لا يزيد حجمه عن قبضة اليد. (أكبر الأعضاء الليمفاوية حجمًا)

**اللون**: أحمر قاتم.

**مكان الوجود**: الجانب العلوى الأيسر من تجويف البطن.

**الوظيفة**: يلعب دورًا هامًا فى مناعة الجسم لاحتوائه على الكثير من:

١ **الخلايا البلعمية الكبيرة:** نوع من خلايا الدم البيضاء مسئولة عن:

- التقاط الميكروبات أو الأجسام الغريبة أو الخلايا الجسدية الهرمة (المسنة) ككريات الدم الحمراء المسنة وتفتتها إلى مكوناتها الأولية ليتخلص منها الجسم.
- حمل المعلومات عن الميكروبات والأجسام الغريبة لتقدمها للخلايا المناعية المتخصصة.

٢ **الخلايا الليمفاوية:** نوع آخر من خلايا الدم البيضاء.

### أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتى:

١ يطلق على الطحال مقبرة خلايا الدم الحمراء.

لأن الطحال يحتوى على الكثير من الخلايا البلعمية الكبيرة والتى تقوم بالتقاط الميكروبات أو الأجسام الغريبة أو الخلايا الجسدية الهرمة (المسنة) ككريات الدم الحمراء المسنة وتفتتها إلى مكوناتها الأولية ليتخلص منها الجسم.

٢ ينتقل الحديد من الطحال إلى نخاع العظام الأحمر.

لأن الطحال يحتوى على الكثير من الخلايا البلعمية الكبيرة والتى تقوم بالتقاط الأجسام الغريبة أو الخلايا الجسدية الهرمة (المسنة) ككريات الدم الحمراء وتفتتها إلى مكوناتها الأساسية ومنها الحديد الذى ينتقل إلى نخاع العظام الأحمر ليدخل فى تكوين كريات دم حمراء أخرى جديدة تحل محل المفتتة.

### وضح العلاقة بين:

الطحال وظهور مرض الأنيميا (فقر الدم).

الطحال يحتوى على خلايا بلعمية كبيرة تعمل على التقاط الخلايا الجسدية الهرمة (المسنة) مثل كريات الدم الحمراء المسنة وتفتتها إلى مكوناتها الأولية ومنها الحديد الذى ينتقل إلى نخاع العظام الأحمر ليدخل فى بناء كريات دم حمراء جديدة تحل محل المفتتة وبالتالى ثبات نسبتها فى الدم، فعند إصابة الطحال بمرض يتضخم فيزداد معدل تكسير خلايا الدم الحمراء مما يؤدى إلى الإصابة بالأنيميا (فقر الدم).

## ٣ اللوزتان palatine Tonsils

**الوصف**: غدتان ليمفاويتان.

**مكان الوجود**: تقعان على جانبى الجزء الخلفى من الفم.

**الوظيفة**: التقاط أى ميكروب أو جسم غريب يدخل مع الطعام أو الهواء ومنع دخوله للجسم وبالتالى حمايته.

**أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتي:**

- لا ينصح باستئصال اللوزتين إلا مع تكرار الالتهاب.
لأنها تعمل على التقاط أى ميكروب أو جسم غريب يدخل مع الطعام أو الهواء ومنع دخوله للجسم وبالتالى حمايته.

## ٥ بقع باير Peyer's patches

**المفهوم:** عقد صغيرة من الخلايا الليمفاوية تتجمع على شكل لطع أو بقع.

**مكان الوجود:** تنتشر فى الغشاء المخاطى المبطن للجزء السفلى من الأمعاء الدقيقة.

**الوظيفة:** وظيفتها الكاملة غير معروفة ولكنها تلعب دورًا فى الاستجابة المناعية ضد الكائنات الحية الدقيقة التى تدخل الأمعاء وتسبب الأمراض.

**وضح العلاقة بين:**

- بقع باير وأمراض الجهاز الهضمى.
(أو) الأمعاء الدقيقة والجهاز المناعى.
لأن بقع باير تنتشر فى الغشاء المخاطى المبطن للجزء السفلى من الأمعاء الدقيقة وتلعب دورًا فى الاستجابة المناعية ضد الكائنات الحية الدقيقة التى تدخل الأمعاء وتسبب الأمراض وبالتالى حماية الجسم من أمراض الجهاز الهضمى.

## ٦ العقد الليمفاوية Lymph nodes

**الحجم:** يتراوح حجمها بين رأس الدبوس وبذرة الفول الصغيرة.

**مكان الوجود:** توجد على طول شبكة الأوعية الليمفاوية الموجودة فى جميع أجزاء الجسم، مثل:

- تحت الإبطين.
- على جانبى العنق.
- أعلى الفخذ.
- بالقرب من أعضاء الجسم الداخلية.

**التركيب:**

١ تنقسم من الداخل إلى جيوب تمتلئ بـ:
- الخلايا الليمفاوية البائية B.
- الخلايا الليمفاوية التائية T.
- الخلايا البلعمية الكبيرة وبعض أنواع خلايا الدم البيضاء الأخرى التى تخلص الليمف مما به من جراثيم وميكروبات وحطام خلايا.

٢ تتصل بها أوعية ليمفاوية صادرة وأوعية ليمفاوية واردة.
- **وظيفة الأوعية الليمفاوية الواردة:** تنقل الليمف من الخلايا والأنسجة المختفة إلى العقد الليمفاوية لترشحه وتخلصه مما يعلق به من جراثيم وميكروبات وحطام الخلايا.
- **وظيفة الأوعية الليمفاوية الصادرة:** نقل الليمف بعد تنقيته من العقد الليمفاوية إلى أوعية ليمفاوية أكبر حتى يصل إلى القلب.

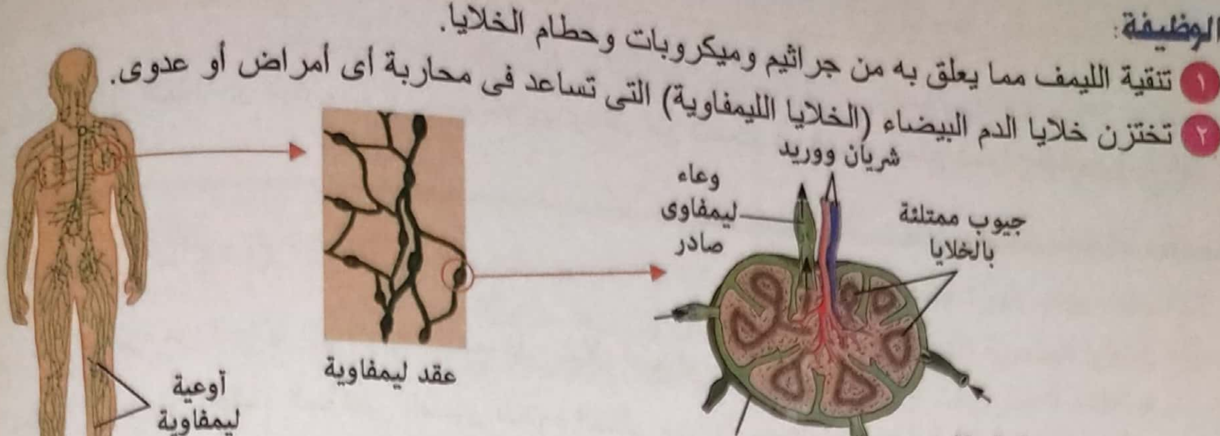





**الوظيفة:**

١ تنقية الليمف مما يعلق به من جراثيم وميكروبات وحطام الخلايا.

٢ تختزن خلايا الدم البيضاء (الخلايا الليمفاوية) التى تساعد فى محاربة أى أمراض أو عدوى.




تشريح العقد الليمفاوية

العقد والأوعية الليمفاوية

## ثانيا الخلايا الليمفاوية Lymphocytes

**الوصف:** نوع من خلايا الدم البيضاء غير المحببة.

**النسبة:** حوالى ٢٠ : ٣٠٪ من خلايا الدم البيضاء بالدم.

**مكان التكوين:** تتكون جميع الخلايا الليمفاوية فى نخاع العظام الأحمر.

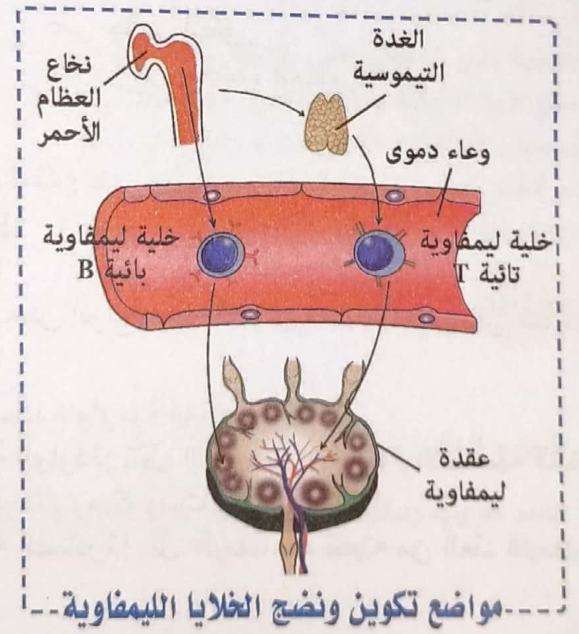
خلية ليمفاوية

**القدرة المناعية:**

- فى بداية تكوينها: لا يكون لها أى قدرة مناعية.
- بعد نضجها وتمايزها فى الأعضاء الليمفاوية: تتحول إلى خلايا ذات قدرة مناعية.

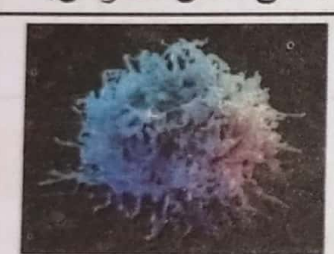
**الوظيفة:**

تدور فى الدم باحثة عن أى ميكروب أو جسم غريب فتشغل آلياتها الدفاعية والمناعية للتخلص من شرور هذه الميكروبات الممرضة التى تحاول غزو الجسم والتكاثر والانتشار فيه، وتخريب أنسجته، وتعطيل وظائفه الحيوية الفسيولوجية.




مواضع تكوين ونضج الخلايا الليمفاوية

**الأنواع:** يوجد ثلاثة أنواع من الخلايا الليمفاوية فى الدم كما يلى:

| | |
|---|---|
| الخلايا البائية B-cells | **مكان التكوين:** نخاع العظام الأحمر.<br>**مكان النضج:** نخاع العظام الأحمر.<br>**النسبة:** حوالى ١٠ : ١٥٪ من الخلايا الليمفاوية.<br>**الوظيفة:**<br>- التعرف على أى ميكروبات أو مواد غريبة عن الجسم (بكتيريا - فيروسات).<br>- الالتصاق بها.<br>- إنتاج أجسام مضادة تقوم بتدميرها. |
| الخلايا التائية T-cells | **مكان التكوين:** نخاع العظام الأحمر.<br>**مكان النضج:** الغدة التيموسية.<br>**النسبة:** حوالى ٨٠٪ من الخلايا الليمفاوية بالدم.<br>**أنواعها:** تتمايز إلى ثلاثة أنواع، هي:<br>**(١) الخلايا التائية المساعدة Helper T-cells ($T_H$).**<br>**وظيفتها:**<br>١- تنشط الأنواع الأخرى من الخلايا التائية وتحفزها للقيام باستجابتها المناعية.<br>٢- تحفيز الخلايا البائية لإنتاج الأجسام المضادة.<br>**(٢) الخلايا التائية السامة «القاتلة» Cytotoxic T-cells ($T_c$).**<br>**وظيفتها:** مهاجمة الخلايا الغريبة عن الجسم مثل الخلايا السرطانية و الأعضاء المزروعة وخلايا الجسم المصابة بالفيروس.<br>**(٣) الخلايا التائية المثبطة «الكابحة» Suppressor T-cells ($T_s$).**<br>**وظيفتها:**<br>١- تنظيم درجة الاستجابة المناعية للحد المطلوب.<br>٢- تثبيط أو كبح عمل الخلايا البائية B والتائية T بعد القضاء على الكائن الممرض. |
| الخلايا القاتلة الطبيعية Natural killer cells (NK) | **مكان التكوين:** نخاع العظام الأحمر.<br>**مكان النضج:** نخاع العظام الأحمر.<br>**النسبة:** حوالى ٥ : ١٠٪ من الخلايا الليمفاوية بالدم.<br>**الوظيفة:** مهاجمة خلايا الجسم المصابة بالفيروس والخلايا السرطانية والقضاء عليها بواسطة الإنزيمات التى تفرزها.  |

**أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتي**

يزداد إفراز هرمون التيموسين عند إصابة طفل بالسرطان.

(أو) توجد علاقة بين فشل عمل الغدة التيموسية وانتشار السرطان بالجسم.

لأن التيموسين المفرز من الغدة التيموسية يحفز نضج الخلايا الليمفاوية الجذعية إلى خلايا تائية وتمايزها إلى أنواعها المختلفة داخل الغدة التيموسية (مساعدة - سامة - مثبطة) وهى الخلايا المسئولة بصفة أساسية عن الدفاع عن الجسم ضد الأجسام الغريبة حيث تعمل الخلايا التائية السامة على مهاجمة الخلايا الغريبة عن الجسم مثل الخلايا السرطانية للقضاء عليها.

### أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتي:

١ تفشل عملية زراعة الأعضاء لدى المصابين بالسرطان.
لأن مريض السرطان ينشط فى جسمه الخلايا التائية السامة التى تعمل على مهاجمة الخلايا الغريبة عن الجسم مثل الخلايا السرطانية وخلايا الأنسجة المصابة بالفيروس والأعضاء المزروعة والقضاء عليها وبالتالى تفشل هذه العمليات عادةً.

٢ يوصى بضرورة التطابق بين الأعضاء المزروعة وأعضاء الجسم لنجاح العملية.
لأنه كلما كان الاختلاف كبيرًا بينهما أدى ذلك إلى تنشيط الخلايا التائية السامة المسئولة عن مهاجمة الخلايا الغريبة عن الجسم مثل الأعضاء المزروعة والقضاء عليها مما يؤدى لفشل العملية.

## ثالثا خلايا الدم البيضاء الأخرى White Blood cells

تنقسم إلى أربعة أنواع أساسية، نقارن بينهم **فيما يلى:**

| | الخلايا القاعدية Basophils | الخلايا الحامضية Eosinphils | الخلايا المتعادلة Neutrophils «متعددة الأنوية» | الخلايا وحيدة النواة Monocytes |
|---|---|---|---|---|
| الشكل | | | | |
| الوظيفة | - مكافحة عدوى خاصة العدوى البكتيرية والالتهابات **وذلك لأنها:**<br>▪ تحتوى على حبيبات تقوم بتفتيت خلايا الكائنات الممرضة المهاجمة للجسم.<br>▪ تقوم ببلعمة (ابتلاع وهضم) الكائنات الممرضة. | | | - تدمير الأجسام الغريبة.<br>- تتحول إلى خلايا بلعمية عند الحاجة، والتى تلتهم بدروها الكائنات الغريبة عن الجسم. |

### ملحوظات

- يمكن التمييز بين خلايا الدم البيضاء الحامضية والقاعدية والمتعادلة عن طريق:
  - حجم الخلايا. - شكل النواة داخل الخلايا. - لون الحبيبات الظاهرة بداخلها تحت المجهر.
- تبقى خلايا الدم البيضاء الحامضية والقاعدية والمتعادلة فترة قصيرة نسبيًا تتراوح بين عدة ساعات إلى عدة أيام فى الدورة الدموية.

### للاطلاع فقط

تبقى خلايا الدم البيضاء الحامضية والقاعدية والمتعادلة فترة قصيرة نسبيًا تتراوح بين عدة ساعات إلى عدة أيام فى الدورة الدموية ... **علل؟**
لأنها تحتوى على حبيبات تقوم بتفتيت خلايا الكائنات الممرضة المهاجمة للجسم والقيام بعملية البلعمة لهذه الكائنات الممرضة فتتراكم الفضلات الناتجة عن عملية البلعمة بداخلها مسببة موتها بعد فترة زمنية قصيرة.



## رابعاً الخلايا البلعمية الكبيرة Macrophages

**أنواعها:** تشمل الخلايا البلعمية الكبيرة نوعين أساسين، هما:

| الخلايا البلعمية الكبيرة الثابتة (ساكنة) | الخلايا البلعمية الكبيرة الدوارة (الجوالة=المتحركة) |
|---|---|
| - **مكان وجودها:** تتواجد فى معظم أنسجة الجسم.<br>- **وظيفتها:** تتأهب لالتهام أى جسم غريب يتواجد بالقرب منها عن طريق القيام بعملية البلعمة. | - **مكان وجودها:** ليس لها مكان ثابت حيث تدور فى جميع أجزاء الجسم المختلفة.<br>- **وظيفتها:**<br>١ القيام بعملية البلعمة.<br>٢ حمل المعلومات التى تم جمعها عن الميكروبات والأجسام الغريبة وتقدمها للخلايا المناعية المتخصصة الموجودة فى العقد الليمفاوية المنتشرة فى جميع أجزاء الجسم لتقوم بتجهيز جميع الوسائل الدفاعية المناسبة مثل الأجسام المضادة وتخصيص نوع الخلايا القاتلة التى تتعامل مع الميكروبات. |

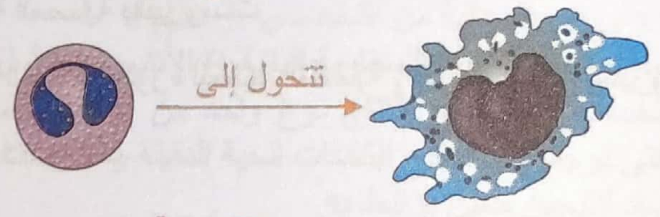
### ملحوظات

تسمى الخلايا البلعمية الكبيرة الثابتة بأسماء مختلفة ... **علل ؟**
لأنها تتواجد فى معظم أنسجة الجسم لذا تسمى بأسماء مختلفة حسب النسيج الموجودة فيه.


خلية بلعمية كبيرة

### فكرة

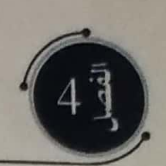
حدد الخطأ فى الشكل التالى، وأعد رسمها بشكل صحيح.




**:-الإجابة:-**

**الخطــأ:** الخلية الحامضية تتحول إلى خلية بلعمية كبيرة.
**الصواب:** الخلية وحيدة النواة تتحول إلى خلية بلعمية كبيرة عند الحاجة.
**الشكل الصحيح:**






## خامساً المواد الكيميائية المساعدة Assistant chemicals

**المفهوم**: مواد تتعاون وتساعد الآليات المتخصصة للجهاز المناعى فى عملها.

**الأنواع**:

### ١ الكيموكينات Chemokines.

**الوظيفة**:

تمثل عوامل جذب للخلايا المناعية البلعمية المتحركة مع الدم بأعداد كبيرة نحو موقع تواجد الميكروبات أو الأجسام الغريبة وذلك للحد من تكاثر وانتشار الميكروب المسبب للمرض.

### ٢ الإنترليوكينات Interleukins.

**الوظيفة**:

١- تعمل كأداة اتصال أو ربط بين خلايا الجهاز المناعى المختلفة.
٢- تعمل كأداة اتصال أو ربط بين الجهاز المناعى وخلايا الجسم الأخرى.
٣- مساعدة الجهاز المناعى فى أداء وظيفته المناعية.

### ٣ سلسلة المتممات (المكملات) Complements.

**التركيب**: مجموعة متنوعة من البروتينات والإنزيمات.

**الوظيفة**:

١- تدمير الميكروبات الموجودة بالدم، حيث ترتبط بالأجسام المضادة ثم تقوم بتحليل الأنتيجينات الموجودة على سطح الميكروبات وإذابة محتوياتها لجعلها فى متناول خلايا الدم البيضاء لكى تلتهمها وتقضى عليها.
٢- تتفاعل مع السموم التى تفرزها الكائنات الممرضة تفاعلاً متسلسلاً يؤدى إلى إبطال مفعولها والتهامها من خلال الخلايا البلعمية.

### ٤ الإنترفيرونات Interferons.

**التركيب**: عدة أنواع من البروتينات.

**مكان الإفراز**: تنتجها خلايا الأنسجة المصابة بالفيروسات.

**مكان الاستجابة**: تنتقل إلى الخلايا الحية المجاورة للخلايا المصابة (التى لم تصب بالفيروس).

**التخصص**: غير متخصصة ضد فيروس معين.

**الوظيفة**:

منع الفيروس من التكاثر والانتشار فى الجسم حيث ترتبط بالخلايا الحية المجاورة للخلايا المصابة (التى لم تصب بالفيروس) وتحثها على إنتاج نوع من الإنزيمات يعمل على تثبيط عمل إنزيمات نسخ الحمض النووى للفيروس خاصة الفيروسات التى محتواها الجينى RNA.

**اكتب المصطلح العلمى**

- مواد كيميائية يزداد تكوينها عند إصابة الكبد بفيروس C. (الإنترفيرونات)



## ثالثاً الأجسام المضادة Antibodies

**الأجسام المضادة**

مواد بروتينية تسمى بـ«الجلوبيولينات المناعية (Ig) Immunoglobulins» وتظهر على شكل حرف (Y).

**التركيب الكيميائى:** بروتين الجلوبيولين (بروتين تنظيمى).

**مكان الوجود:** توجد بالدم والليمف فى الحيوانات الفقارية والإنسان.

**المصدر:** تنتج بواسطة الخلايا البائية البلازمية.

**الوظيفة:**

تضاد الأجسام الغريبة عن الجسم حيث تقوم الأجسام المضادة وجزيئات المتممات بالالتصاق بالأجسام الغريبة (كالبكتريا) لتجعلها فى متناول خلايا الدم البيضاء لكى تلتهمها وتقضى عليها.

**كيفية التكوين:**

1. يوجد على سطح الأجسام الغريبة (كالبكتيريا) التى تغزو أنسجة الجسم مركبات تسمى مولدات الضد أو المستضدات أو الأنتيجينات Antigens.
2. تقوم الخلايا المناعية البائية B بالتعرف على هذه الأجسام والمكونات الغريبة عن الجسم عن طريق ارتباط المستقبلات الموجودة على سطح الخلايا البائية B بالأنتيجينات الموجودة على سطح الميكروب.
3. تتحول الخلايا البائية إلى خلايا بائية متخصصة تسمى الخلايا البائية البلازمية التى بدورها تقوم بإنتاج الأجسام المضادة التى تدور مع مجرى الدم والليمف وهى مصممة لتضاد الأجسام الغريبة عن الجسم.

**ملحوظات**

- عندما تصادف الخلايا الليمفاوية البائية B الأنتيجينات لأول مرة ... **ماذا يحدث ؟**

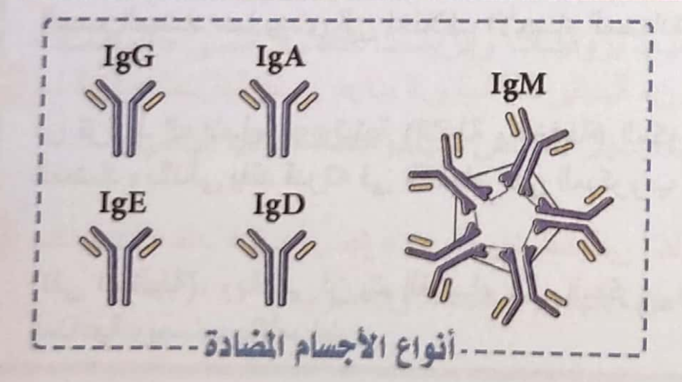
تقوم بالانقسام المتكرر لتكوين عدة مجموعات تتخصص كل منها لإنتاج نوع واحد من الأجسام المضادة تتخصص لتضاد نوع واحد من الأنتيجينات التى توجد على سطح الكائنات الحية الدقيقة والجزيئات الأخرى الغريبة عن الجسم بحيث يكون لكل جسم مضاد أنتيجين معين يرتبط به.

- الخلايا البائية على درجة عالية من التخصص ... **علل ؟**

حيث أنه عندما تصادف الخلايا الليمفاوية البائية B الأنتيجينات لأول مرة تقوم بالانقسام المتكرر لتكوين عدة مجموعات تتخصص كل منها لإنتاج نوع واحد من الأجسام المضادة تتخصص لتضاد نوع واحد من الأنتيجينات التى توجد على سطح الكائنات الحية الدقيقة والجزيئات الأخرى الغريبة عن الجسم بحيث يكون لكل جسم مضاد أنتيجين معين يرتبط به.

**الأنواع:** خمسة أنواع هى:

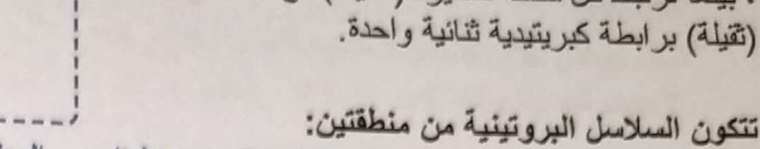
- IgM
- IgA
- IgG
- IgE
- IgD



أنواع الأجسام المضادة

## الشكل والتركيب:

**يتركب الجسم المضاد من زوجين من السلاسل البروتينية:**



- سلسلتان طويلتان، تسميان بالسلاسل الثقيلة.
- سلسلتان قصيرتان، تسميان بالسلاسل الخفيفة.

وترتبط السلاسل الطويلة (الثقيلة) معا بواسطة رابطتين كبريتيديتين كل منها ثنائية.

، بينما ترتبط كل سلسة قصيرة (خفيفة) مع سلسلة طويلة (ثقيلة) برابطة كبريتيدية ثنائية واحدة.

موقع الارتباط بالأنتجين
رابطة كبريتيدية ثنائية
سلسلة خفيفة
منطقة منفصلية
موقع ارتباط المتمم
منطقة متغيرة
منطقة ثابتة
سلسلة ثقيلة

**تركيب الجسم المضاد**

**تتكون السلاسل البروتينية من منطقتين:**

**١ منطقة متغيرة (الجزء المتغير) تمثل مواقع ارتباط الجسم المضاد بالأنتجين:**

- لكل جسم مضاد موقعان متماثلان للارتباط بالأنتيجين.
- يختلف شكل هذه المواقع من جسم لآخر؛ نظرًا لاختلاف تشكيل الأحماض الأمينية (تتابعها، وأنواعها، وشكلها الفراغى، ...) المكونة للسلسلة الببتيدية فى هذا الجزء التركيبى والتى تحدد تخصص كل جسم مضاد لنوع واحد من الأنتيجينات.
- تساعد هذه المواقع على حدوث الارتباط المحدد بين الأنتيجين والجسم المضاد الملائم له بطريقة تشبه القفل والمفتاح وذلك لتطابق الجزء المتغير من الأنتيجين كصورة مرآة ويؤدى هذا الارتباط إلى تكوين مركب معقد من الأنتيجين والجسم المضاد.

**٢ منطقة ثابتة (الجزء الثابت):** وهو ثابت فى الشكل والتركيب فى جميع أنواع الأجسام المضادة.

### أعط تفسيرًا علميًا لما يأتى:

**١ الأجسام المضادة متخصصة.**

- لأن لكل جسم مضاد موقعان متماثلان للارتباط بالأنتيجين ويختلف شكل هذه المواقع من جسم مضاد لآخر لاختلاف الأحماض الأمينية من حيث عددها وأنواعها وترتيبها وشكلها الفراغى المكونة للسلسلة الببتيدية فى هذا الجزء التركيبى والتى تحدد تخصص كل جسم مضاد لنوع واحد من الأنتيجينات يرتبط بها.
- لأن الخلايا الليمفاوية البائية عندما تصادف الأنتيجينات لأول مرة تقوم بالانقسام المتكرر لتكوين عدة مجموعات تتخصص كل منها لإنتاج نوع واحد من الأجسام المضادة تتخصص لتضاد نوع واحد من الأنتيجينات التى توجد على سطح الكائنات الحية الدقيقة والجزيئات الأخرى الغريبة عن الجسم بحيث يكون لكل جسم مضاد أنتيجين معين يرتبط به.

**٢ اذكر نوع الروابط المسئولة عن تنوع الأجسام المضادة عن بعضها، مع التفسير.**

الروابط الهيدروجينية ؛ لأن الروابط الهيدروجينية تتسبب فى تغير الشكل الفراغى لسلاسل عديد الببتيد المكونة للجسم المضاد مما يؤدى إلى اختلاف الأجسام المضادة عن بعضها البعض.

**٣ ما النتائج المترتبة على: غياب الروابط الكبريتيدية من الجسم المضاد ؟**

لن ترتبط السلاسل البروتينية (الثقيلة والخفيفة) المكونة للجسم المضاد ببعضها مما يؤدى إلى تفكك الجسم المضاد وبالتالى يفقد قدرته فى القضاء على الميكروب فتقل قدرة الجسم المناعية ويصاب بالأمراض.

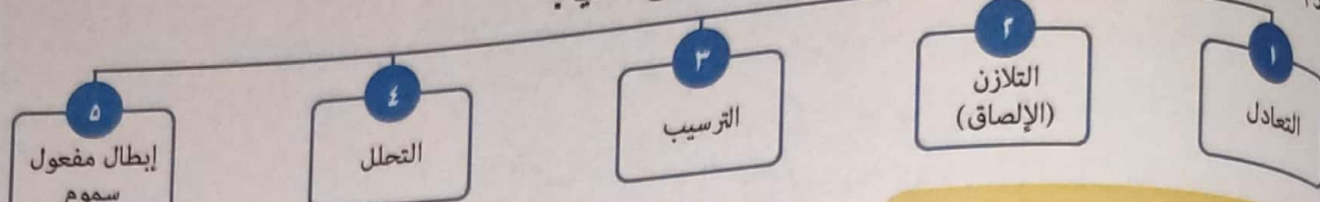
**٤ ماذا يحدث عند غياب أى جزء من الجهاز المناعى (خلية، مادة كيميائية، عضو، ...) ؟**

(نفى الوظيفة)، وبالتالى لن يتم القضاء على الميكروب مما يؤدى إلى انتشاره داخل الجسم فتقل قدرة الجسم المناعية ويصاب بالأمراض.

# طرق عمل الأجسام المضادة

الأجسام المضادة ثنائية الارتباط، بينما الأنتجينات فلها مواقع ارتباط متعددة مما يجعل الارتباط بين الأجسام المضادة والأنتجينات أمرًا مؤكدًا.

تقوم الأجسام المضادة بإيقاف عمل الأنتجينات **بإحدى الطرق التالية:**

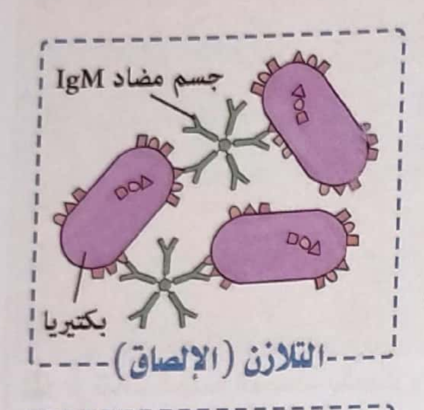



## ١ التعادل Neutralization

من أهم وظائف الأجسام المضادة فى مقاومة الفيروسات بهدف تحييد الفيروسات وإيقاف نشاطها عن طريق:

- ارتباط الأجسام المضادة بالأغلفة الخارجية للفيروسات وبذلك تمنعها من الالتصاق بأغشية الخلايا والانتشار أو النفاذ إلى داخلها.
- منع الحمض النووى (المادة الوراثية) للفيروسات من الخروج من الخلايا المصابة والتناسخ ببقاء غلافها مغلقًا، وذلك فى حالة اختراق الفيروسات لغشاء الخلية.

## ٢ التلازن (الإلصاق) Agglutination

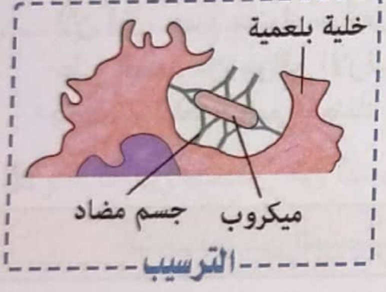


التلازن (الإلصاق)

- تحتوى بعض الأجسام المضادة IgM على العديد من مواقع الارتباط مع الأنتيجينات ... **ما النتائج المترتبة على ؟**

يؤدى ذلك إلى ارتباط الجسم المضاد الواحد بأكثر من ميكروب، وبالتالى تتجمع الميكروبات على نفس الجسم المضاد مما يجعلها أكثر ضعفاً وعرضة للالتهام بالخلايا البلعمية.

## ٣ الترسيب Precipitation



الترسيب

- يحدث عادةً فى الأنتيجينات الذائبة حيث يؤدى ارتباط الأجسام المضادة مع هذه الأنتيجينات إلى تكوين مركبات غير ذائبة على شكل راسب من الأنتيجين والجسم المضاد، وبالتالى يسهل على الخلايا البلعمية التهام هذا الراسب (تحفيز عملية البلعمة).

## ٤ التحلل Lysis

- يعمل اتحاد الأجسام المضادة مع الأنتيجينات على تنشيط بروتينات وإنزيمات خاصة تسمى **«المتممات Complements»**.
- تقوم المتممات بتحليل أغلفة الأنتيجينات وإذابة محتوياتها فيسهل التخلص منها بواسطة الخلايا البلعمية.

## ٥ إبطال مفعول السموم Antitoxin

- تقوم الأجسام المضادة بالارتباط بالسموم مكونة مركبات من الأجسام المضادة والسموم.

- تقوم المركبات (المتكونة من ارتباط الأجسام المضادة بالسموم) بتنشيط المتممات فتتفاعل مع السموم تفاعلا متسلسلا يؤدى إلى إبطال مفعولها كما يساعد على التهامها من قبل الخلايا البلعمية.




## أفكار مهمة

- عدد الأوعية الليمفاوية الواردة للعقدة الليمفاوية **أكبر من** عدد الأوعية الليمفاوية الصادرة منها.
- أكثر الأعضاء الليمفاوية تخزينًا للخلايا الليمفاوية= **العقد الليمفاوية.**
- عضو ليمفاوى مسئول عن تنقية الدم= **الطحال.**
- عضو ليمفاوى مسئول عن تنقية الليمف= **العقد الليمفاوية.**
- أفضل طرق عمل الأجسام المضادة= **التلازن (الإلصاق).**
- إحدى طرق عمل الأجسام المضادة لا تشترك فى عملها الخلايا البلعمية= **التعادل.**
- طريقتان من طرق عمل الأجسام المضادة تضاد كل منهما الأخرى فى طريقة عملها= **الترسيب والتحلل.**
- ارتباط الجسم المضاد بالميكروب أمر مؤكد ... **علل ؟**

لأن لكل جسم مضاد موقعين متماثلين للارتباط بالأنتيجين كما تحتوى بعض الأجسام المضادة مثل IgM على العديد من مواقع الارتباط بالأنتيجين (١٠)، بينما أنتيجينات الميكروبات لها مواقع ارتباط متعددة مما يجعل ارتباط الجسم المضاد بالأنتيجين أمرًا مؤكدًا.

- مقارنة بين التخلص من السموم فى النبات والإنسان:

| التخلص من السموم فى النبات | التخلص من السموم فى الإنسان |
|---|---|
| - يفرز النبات بروتينات مضادة للكائنات الدقيقة تتفاعل مع السموم التى تفرزها الكائنات الممرضة وتحولها إلى مركبات غير سامة للنبات مثل إنزيمات نزع السمية. | - تنقسم الخلايا البائية B المنشطة وتتضاعف لتتمايز إلى خلايا بائية بلازمية تنتج الأجسام المضادة ترتبط بالسموم مكونة مركبات من الأجسام المضادة والسموم تقوم بتنشط المتممات فتتفاعل مع السموم تفاعلاً متسلسلاً يؤدى إلى إبطال مفعولها ويساعد على التهامها من قبل الخلايا البلعمية. |

- يتكون مركب معقد من الأنتيجين والجسم المضاد= **عند حدوث ارتباط محدد بين الأنتيجين والجسم المضاد الملائم له بطريقة تشبه القفل والمفتاح وذلك لتطابق الجزء المتغير للجسم المضاد مع الأنتيجين كصورة مرآة.**

## مقارنة بين IgG و IgM

1. عدد السلاسل البروتينية القصيرة فى الجسم المضاد IgG = ٢ سلسلة = ١ زوج.
2. عدد السلاسل البروتينية الطويلة فى الجسم المضاد IgG = ٢ سلسلة = ١ زوج.
3. عدد السلاسل البروتينية القصيرة فى الجسم المضاد IgM = ١٠ سلاسل = ٥ أزواج.
4. عدد السلاسل البروتينية الطويلة فى الجسم المضاد IgM = ١٠ سلاسل = ٥ أزواج.
5. عدد الروابط الكبريتيدية الثنائية فى الجسم المضاد IgG = ٤روابط.
6. عدد الروابط الكبريتيدية الثنائية فى الجسم المضاد IgM = ٢٠ رابطة.
7. عدد مواقع التعرف (الارتباط بالأنتيجين) فى الجسم المضاد IgM = ٢ موقع.
8. عدد مواقع التعرف (الارتباط بالأنتيجين) فى الجسم المضاد IgM = ١٠ مواقع.

## إرشادات حل المسائل بالنسبة لخلايا الدم البيضاء

1. خلايا الدم البيضاء ١٠٠٪ ← خلايا ليمفاوية ٢٠ : ٣٠٪ من خلايا الدم البيضاء ←
   - خلايا بائية B ١٠ : ١٥٪
   - خلايا تائية T ٨٠٪
   - خلايا قاتلة طبيعية NK ٥ : ١٠٪

   من خلايا الدم الليمفاوية

2. لحساب المتوسط = $\frac{\text{أقل عدد + أكبر عدد}}{٢}$

## مثال (١)

إذا أن متوسط خلايا الدم بيضاء فى عينة دم تساوى ٧٠٠٠ خلية، احسب.

١- أكبر وأقل عدد من الخلايا الليمفاوية فى هذه العينة.
٢- متوسط عدد الخلايا الليمفاوية فى هذه العينة.
٣- أكبر وأقل عدد من الخلايا البائية فى هذه العينة.
٤- متوسط عدد الخلايا البائية فى هذه العينة.
٥- أكبر وأقل عدد من الخلايا القاتلة الطبيعية فى هذه العينة.
٦- متوسط عدد الخلايا القاتلة الطبيعية فى هذه العينة.

**:الحل:-**

١- أكبر عدد من الخلايا الليمفاوية = $\frac{٣٠}{١٠٠} \times ٧٠٠٠ = ٢١٠٠$ خلية.

أقل عدد من الخلايا الليمفاوية = $\frac{٢٠}{١٠٠} \times ٧٠٠٠ = ١٤٠٠$ خلية.

٢- متوسط عدد الخلايا الليمفاوية = $(\frac{٢٠ + ٣٠}{٢}) \div ١٠٠ \times ٧٠٠٠ = \frac{٢٥}{١٠٠} \times ٧٠٠٠ = ١٧٥٠$ خلية.

$\frac{١٥}{١٠٠} \times ٢١٠٠ = ٣١٥$ خلية.

٣- أكبر عدد من الخلايا البائية = $\frac{١٠}{١٠٠} \times ١٤٠٠ = ١٤٠$ خلية.

أقل عدد من الخلايا البائية = $\frac{١٤٠ + ٣١٥}{٢} = ٢٢٨$ خلية تقريبًا.

٤- متوسط عدد الخلايا البائية = $\frac{١٠}{١٠٠} \times ٢١٠٠ = ٢١٠$ خلية.

٥- أكبر عدد من الخلايا القاتلة الطبيعية = $\frac{٥}{١٠٠} \times ١٤٠٠ = ٧٠$ خلية.

أقل عدد من الخلايا القاتلة الطبيعية = $\frac{٧٠ + ٢١٠}{٢} = ١٤٠$ خلية.

٦- متوسط عدد الخلايا القاتلة الطبيعية =

**مثال (٢)**

إذا كان متوسط عدد الخلايا البائية فى قطرة دم شخص حوالى ٤٠٠ خلية، فاحسب متوسط عدد الخلايا التائية فى نفس القطرة.

**:الحل:-**

∴ متوسط نسبة عدد الخلايا البائية = $\frac{١٠ + ١٥}{٢} = ١٢,٥$٪ من الخلايا الليمفاوية.

، نسبة عدد الخلايا التائية = ٨٠٪ من الخلايا الليمفاوية.

٤٠٠ خلية ⟵ ١٢,٥٪

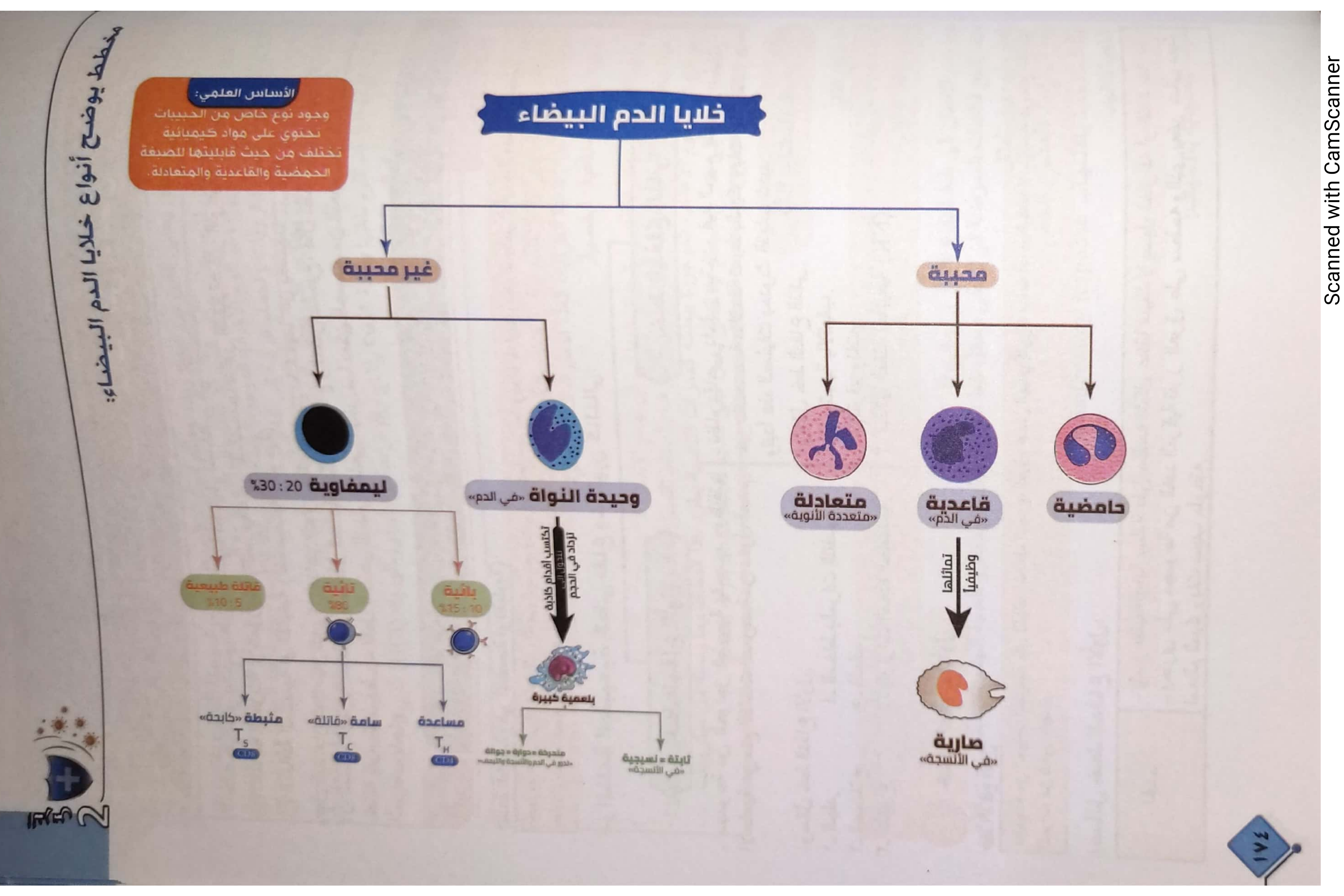
س خلية ⟵ ٨٠٪

∴ عدد الخلايا التائية فى القطرة = $\frac{٤٠٠ \times ٨٠}{١٢,٥} = ٢٥٦٠$ خلية.

انتظروا كتاب المرجع فى المراجعة النهائية

**قريبًا**

مخطط يوضح أنواع خلايا الدم البيضاء:



# آلية عمل الجهاز المناعى فى الإنسان

## الأنظمة التى يعمل من خلالها الجهاز المناعي فى الإنسان:

١ المناعة الفطرية أو الموروثة (الطبيعية=غير التخصصية=غير التكيفية=غير النوعية).

٢ المناعة المكتسبة أو التكيفية (التخصصية=النوعية).

يعمل النظامان المناعيان للجهاز المناعى بتعاون وتنسيق رغم اختلافهما عن بعضهما ... علل؟

لأن المناعة الفطرية أساسية لأداء عمل المناعة المكتسبة بنجاح والعكس صحيح، فكل نظام مناعى يعمل وفق آليات مختلفة تقوم بتنشيط رد الفعل المناعى للنظام المناعى الآخر مما يمكن الجسم من التعامل مع الكائنات المسببة للأمراض بنجاح.

## أولاً المناعة الطبيعية (غير متخصصة أو الفطرية) Natrual (non-specific or innate) immunity

**المناعة الطبيعية (غير المتخصصة أو الفطرية)**

مجموعة الوسائل الدفاعية التى تحمى الجسم، وتتميز باستجابة سريعة وفعالة لمقاومة ومحاربة وتفتيت أى ميكروب أو أى جسم غريب يحاول دخول الجسم، وهى غير متخصصة ضد نوع معين من الميكروبات أو الأنتيجينات.

**تمر المناعة الطبيعية بخطى دفاع متتاليين كالتالى:**

### خط الدفاع الأول

- مجموعة من الحواجز الطبيعية بالجسم، ووظيفتها الأساسية هي منع الكائنات الممرضة من دخول الجسم.

- وسائل خط الدفاع الأول:

١ـ الجلد.
٢ـ الصملاخ.
٣ـ الدموع.
٤ـ المخاط بالمرات التنفسية.
٥ـ اللعاب.
٦ـ إفرازات المعدة الحامضية.

### خط الدفاع الثانى

- نظام دفاعى داخلى يستخدم فيه الجسم طرق وعمليات غير متخصصة متلاحقة تحيط بالميكروبات لمنع انتشارها وتبدأ هذه العمليات بحدوث التهاب شديد.

- وسائل خط الدفاع الثانى:

١ـ الاستجابة بالالتهاب.
٢ـ الإنترفيرونات.
٣ـ الخلايا القاتلة الطبيعية (NK).

### أ خط الدفاع الأول

**خط الدفاع الأول**

مجموعة من الحواجز الطبيعية مثل (الجلد، المخاط، الدموع، العرق، حمض الهيدروكلوريك بالمعدة)، ووظيفتها الأساسية هى منع الكائنات المرضة من دخول الجسم.

**وسائل خط الدفاع الأول:**

| الجلد | - يتميز بطبقة قرنية صلبة على سطحه تشكل عائقًا منيعًا لا يسهل اختراقه أو النفاذ منه.<br>- يحتوى على مجموعة من الغدد العرقية تفرز العرق على سطحه والذى يعتبر سائل مميت لمعظم الميكروبات بسبب ملوحته. |
|---|---|

| | |
|---|---|
| الصملاخ (شمع الأذن) | - مادة تفرزها الأذن تعمل على قتل الميكروبات التى تدخل الأذن مما يعمل على حمايتها. |
| الدموع | - سائل يحمى العين من الميكروبات وذلك لاحتواء الدموع على مواد محللة للميكروبات. |
| المخاط بالممرات التنفسية | - سائل لزج يبطن جدار الممرات التنفسية وتلتصق به الميكروبات والأجسام الغريبة الداخلة مع الهواء، ثم تقوم الأهداب الموجودة ببطانة الممرات التنفسية بطرد هذا المخاط وما يحمله من ميكروبات وأجسام غريبة إلى الخارج. |
| اللعاب | - سائل يحتوى على بعض المواد القاتلة للميكروبات بالإضافة إلى بعض الإنزيمات المذيبة لها. |
| إفراز المعدة الحامضية | - تقوم خلايا بطانة المعدة بإنتاج وإفراز حمض الهيدروكلوريك (HCl) الذي يسبب موت البكتيريا الداخلة مع الطعام. |

## أسئلة متنوعة

١ اذكر مثالا لـ:
- غدة صماء مناعية: الغدة التيموسية.
- غدة قنوية مناعية: الغدة العرقية، الغدة اللعابية، الغدة الدمعية.
- غدة مشتركة مناعية: الخصية.

٢ ما العلاقة بين الجهاز التنفسى والجهاز المناعى فى جسم الإنسان ؟

حيث يبطن جدر الممرات التنفسية سائل لزج يعرف بالمخاط تلتصق به الميكروبات والأجسام الغريبة الداخلة مع الهواء ثم تقوم الأهداب الموجودة ببطانة الممرات التنفسية بطرد هذا المخاط وما يحمله من ميكروبات وأجسام غريبة إلى خارج الجسم وبالتالى يعمل على حماية الجسم فتزداد قدرته المناعية.

## ب خط الدفاع الثانى

**خط الدفاع الثاني**

نظام دفاعى داخلى يستخدم فيه الجسم طرق وعمليات غير متخصصة متلاحقة تحيط بالميكروبات لمنع انتشارها، وتبدأ هذه العمليات بحدوث التهاب شديد.

يلجأ جسم الإنسان إلى خط الدفاع الثانى ... متى ؟

عندما تنجح الكائنات الممرضة فى تخطى وسائل خط الدفاع الأول وتقوم بغزو أنسجة الجسم من خلال جرح قطعى بالجلد على سبيل المثال.

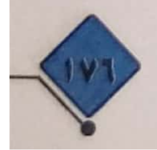
### وسائل خط الدفاع الثانى:

١ **الاستجابة بالالتهاب** Inflammatory response.

**الاستجابة بالالتهاب**

تفاعل دفاعى غير تخصصى (غير نوعى) حول مكان الإصابة نتيجة لتلف الأنسجة الذى تسببه الإصابة أو العدوى.

**خطوات الاستجابة بالالتهاب:**





1. عند غزو الميكروبات أو الأجسام الغريبة لأنسجة الجسم يحدث الالتهاب الذي يؤدى إلى حدوث بعض التغيرات فى موقع الإصابة حيث تقوم خلايا متخصصة مثل (الخلايا الصارية Mast cells - خلايا الدم البيضاء القاعدية) بإفراز كميات من مواد كيميائية مولدة للالتهاب، من أهمها «**مادة الهيستامين Histamine**».

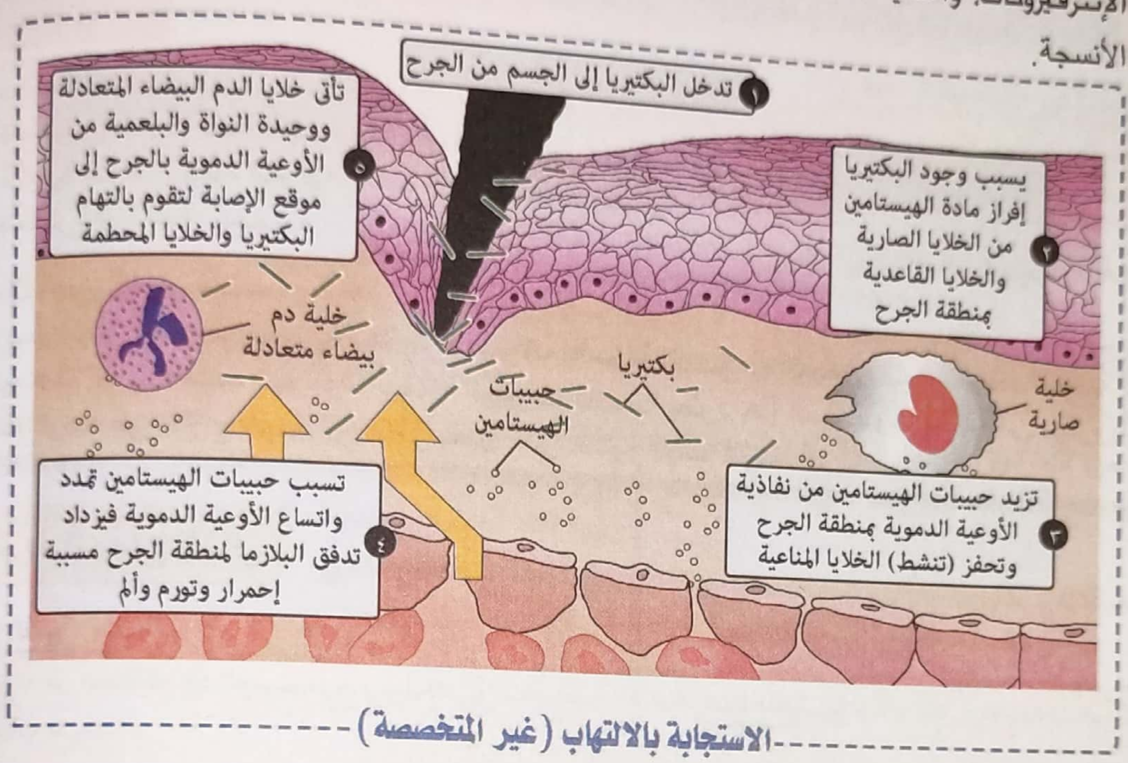
ب **تعمل المواد المولدة للالتهاب مثل الهيستامين على:**

- تمدد الأوعية الدموية عند موقع الإصابة إلى أقصى مدى.
- زيادة نفاذية الأوعية الدموية الصغيرة والشعيرات الدموية للسوائل من الدورة الدموية،

**وذلك يؤدى إلى:**

- تورم الأنسجة فى مكان الالتهاب.
- السماح بنفاذ المواد الكيميائية المذيبة القاتلة للبكتيريا بالتوجه إلى موقع الإصابة.
- إتاحة الفرصة لخلايا الدم البيضاء المتعادلة ووحيدة النواة وكذلك الخلايا البلعمية الكبيرة لمحاربة وقتل الأجسام الغريبة والميكروبات.

٢ ٣ **الإنترفيرونات، والخلايا القاتلة الطبيعية (NK)**: مكونان آخران لخط الدفاع الثانى يتواجدان فى معظم الأنسجة.




**الاستجابة بالالتهاب (غير المتخصصة)**

## ثانيًا المناعة المكتسبة (المتخصصة أو التكيفية) Acquired (specific or adaptive) immunity

- يلجأ الجسم إلى خط الدفاع الثالث ... **متى ؟**
إذا أخفق خط الدفاع الثانى فى التخلص من الجسم الغريب.

- يتمثل خط الدفاع الثالث فى الخلايا الليمفاوية التى تستجيب بسلسلة من الوسائل الدفاعية التخصصية (النوعية) لمقاومة الكائن المسبب للمرض، وتسمى هذه الوسائل الدفاعية مجتمعة بـ«**الاستجابة المناعية The immune response**»

**الاستجابة المناعية**

سلسلة الوسائل الدفاعية التخصصية النوعية التى تقوم بها الخلايا الليمفاوية لمقاومة الكائن المسبب للمرض.



## آليات المناعة المكتسبة

(١) المناعة الخلطية أو المناعة بالأجسام المضادة.

(٢) المناعة الخلوية أو المناعة بالخلايا الوسيطة.

## أ المناعة الخلطية أو المناعة بالأجسام المضادة

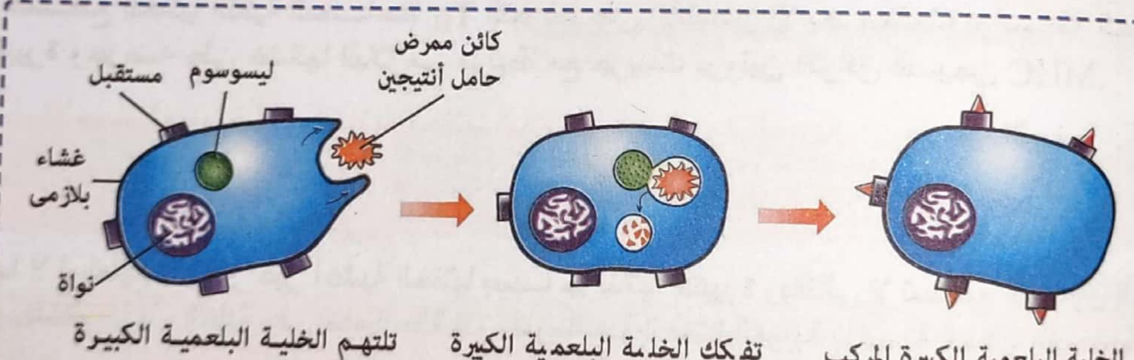
**المناعة الخلطية**

الاستجابة المناعية التى تقوم خلالها الخلايا الليمفاوية البائية B بالدفاع عن الجسم ضد أنتيجينات الكائنات الممرضة (كالبكتيريا والفيروسات) والسموم الموجودة فى سوائل الجسم (بلازما الدم والليمف) بواسطة الأجسام المضادة.

**آلية عملها:**

عند دخول كائن ممرض حاملاً على سطحه أنتيجين (مستضد) معين إلى الجسم:

| (١) دور الخلايا الليمفاوية البائية B | (٢) دور الخلايا البلعمية الكبيرة |
|---|---|
| وفى نفس الوقت | |
| - تتعرف الخلية الليمفاوية البائية على الأنتيجين المختصة به ثم تلتصق به بواسطة المستقبلات المناعية الموجودة على سطحها. | - تقوم الخلايا البلعمية الكبيرة بابتلاع الأنتيجين وتفكيكه إلى أجزاء صغيرة بواسطة إنزيمات الليسوسوم. |
| - يرتبط الأنتيجين مع بروتين فى الخلايا الليمفاوية البائية يطلق عليه «بروتين التوافق النسيجى (MHC)». | - ترتبط هذه الأجزاء الصغيرة داخل الخلايا البلعمية الكبيرة ببروتين التوافق النسيجى MHC. |
| - ينتقل المركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع بروتين التوافق النسيجى إلى سطح الخلايا الليمفاوية البائية. | - ينتقل المركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع بروتين التوافق النسيجى MHC إلى سطح الغشاء البلازمى للخلايا البلعمية الكبيرة (أى يتم عرضه على سطحها الخارجى). |




تلتهم الخلية البلعمية الكبيرة الكائن الممرض.

تفكك الخلية البلعمية الكبيرة الأنتيجين بواسطة إنزيمات الليسوسوم.

تعرض الخلية البلعمية الكبيرة المركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع بروتين التوافق النسيجى (MHC) على سطح غشائها البلازمى.

دور الخلايا البلعمية الكبيرة فى المناعة الخلطية

### (٣) تنشيط الخلايا التائية المساعدة TH

- تتعرف الخلايا التائية المساعدة TH على الأنتيجين من خلال بروتين التوافق النسيجى MHC المرتبطة معه على سطح الخلية البلعمية الكبيرة.
- ترتبط الخلايا التائية المساعدة TH عن طريق مستقبلها CD4 الموجود على سطحها بالمركب الناتج عن ارتباط الأنتيجين وبروتين التوفق النسيجى MHC لتتحول إلى خلايا تائية مساعدة نشطة.
- تطلق الخلايا التائية المساعدة النشطة مواد بروتينية تسمى الإنترليوكينات تقوم بتنشيط الخلايا البائية التى تحمل على سطحها الأنتيجينات المرتبطة مع بروتين التوافق النسيجى MHC.

### (٤) إنتاج الأجسام المضادة

تبدأ الخلايا البائية المنشطة B عملها بالانقسام والتضاعف، لتتمايز فى النهاية إلى نوعين من الخلايا:

**خلايا بائية بلازمية Plasma B cells**

- تنتج كميات كبيرة من الأجسام المضادة التى تدور عبر الأوعية الليمفاوية ومجرى الدم لمحاربة العدوى.

**خلايا ليمفاوية بائية ذاكرة Memory B cells**

- تبقى فى الدم لمدة طويلة من (٢٠ : ٣٠ سنة).. علل؟ لتتعرف على نفس الأنتيجين إذا دخل الجسم مرة ثانية، حيث تنقسم وتتمايز إلى خلايا بلازمية تفرز أجسام مضادة له وبالتالى تكون الاستجابة سريعة.

### (٥) تدمير الكائنات المرضة (عملية البلعمة)

تصل الأجسام المضادة التى أنتجتها الخلايا البلازمية إلى الدورة الدموية عن طريق الليمف لترتبط بالأنتيجينات الموجودة على سطح الكائن الممرض مما يثير الخلايا البلعمية الكبيرة فتقوم بالتهام هذه الأنتيجينات من جديد وتستمر هذه العملية لعدة أيام أو أسابيع.

**ملاحظات**

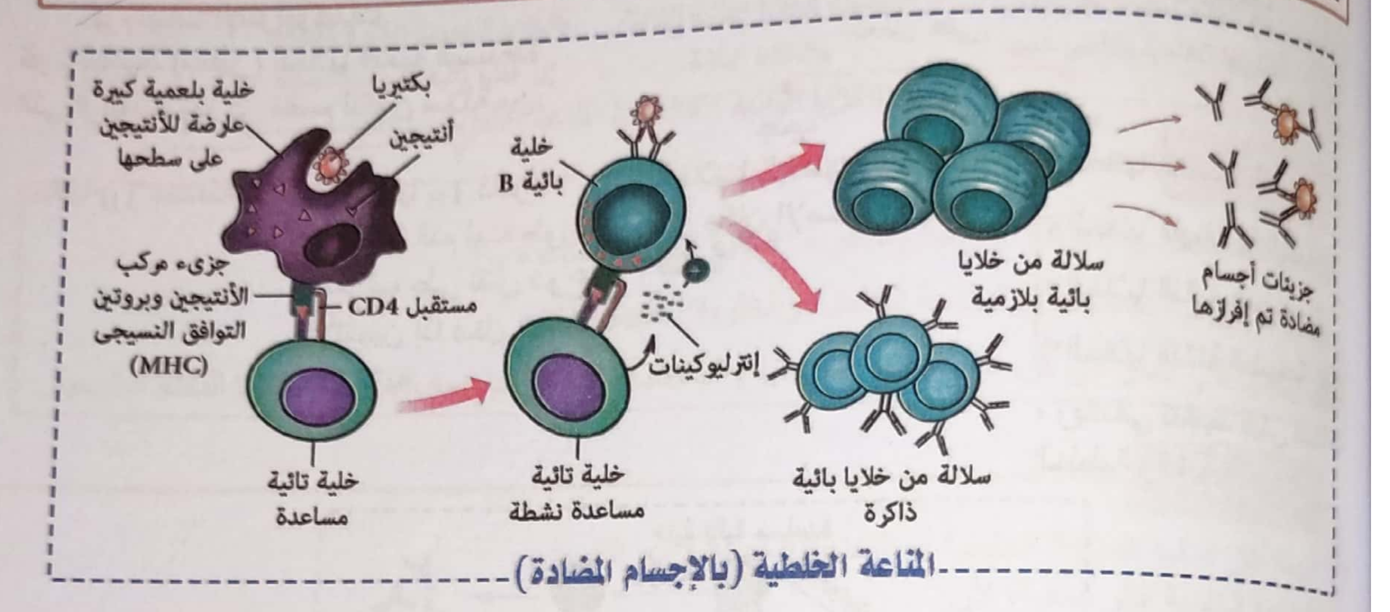
- الخلايا الليمفاوية البائية B عالية التخصص؛ لأن كل منها يستجيب لأنتجين معين واحد فقط.
- تلتصق الخلايا البائية B بالأنتجين الخاص بها عن طريق المستقبلات المناعية.
- لا تستطيع الخلايا التائية المساعدة $T_H$ التعرف على الأنتيجين إلا بعد معالجته بواسطة الخلايا البلعمية الكبيرة وعرضه على غشائها البلازمى مرتبطًا مع جزيئات بروتين التوافق النسيجى MHC.
- تصل الأجسام المضادة التى أنتجتها الخلايا البلازمية إلى الدورة الدموية عن طريق: **الليمف**.
- الأجسام المضادة التى تكونها الخلايا البلازمية غير فعالة بما فيه الكفاية لتدمير بعض الخلايا الغريبة مثل الخلايا المصابة بالفيروس ... **فسر؟**

  لأنها لا تستطيع المرور عبر أغشية الخلايا بسبب جزيئاتها الكبيرة وبالتالى لا تستطيع الوصول إلى الفيروس الذي يتكاثر داخل الخلية وفي هذه الحالة تتم مقاومة هذه الخلايا الغريبة بواسطة الخلايا الليمفاوية التائية.
- يحتوى جسم الإنسان على سائلين يلعبان دورًا هامًا فى محاربة الميكروبات: **بلازما الدم ، الليمف**.
- قد يكون خط الدفاع الثانى أحيانًا أفضل من خط الدفاع الثالث ... **فسر؟**

  لأنه من وسائل خط الدفاع الثانى الاستجابة المناعية للخلايا القاتلة الطبيعية وإفراز الإنترفيرونات التى تمنع الفيروسات من التكاثر والانتشار داخل خلايا وأنسجة الجسم، بينما فى المناعة الخلطية (إحدى آليات خط الدفاع الثالث) تكون الأجسام المضادة التى تنتجها الخلايا البائية البلازمية غير فعالة لتدمير الخلايا المصابة بالفيروس.

مقارنة بين بروتين التوافق النسيجى MHC والليسوسوم:

| | بروتين التوافق النسيجى | الليسوسوم |
|---|---|---|
| مكان الوجود | يوجد على سطح الخلايا البلعمية الكبيرة والخلايا الليمفاوية البائية. | عضى يوجد داخل الخلايا البلعمية الكبيرة. |
| الوظيفة | يرتبط بالأنتيجين الموجود على سطح الميكروب فتتعرف من خلاله الخلايا التائية المساعدة $T_H$ على الأنتيجين مما يسهل عملية القضاء على الميكروب. | يفرز إنزيمات تعمل على تفكيك أنتيجينات الكائنات الممرضة كالبكتيريا إلى أجزاء صغيرة حتى يسهل ارتباطها ببروتين التوافق النسيجى فتتم عملية الاستجابة المناعية بصورة سليمة. |




## ب المناعة الخلوية أو المناعة بالخلايا الوسيطة

**المناعة الخلوية**

الاستجابة المناعية التى تقوم بها الخلايا الليمفاوية التائية T بواسطة المستقبلات الموجودة على أغشيتها التى تكسبها الاستجابه النوعية للأنتيجينات.

**الاستجابة النوعية للأنتيجينات**

إنتاج كل خلية تائية T أثناء عملية النضج نوعًا من المستقبلات Receptors الخاصة بغشائها، وبذلك يمكن لكل نوع من المستقبلات الارتباط بنوع واحد من الأنتيجينات.

**آلية عملها:**

(1) دور الخلايا البلعمية الكبيرة

- عند دخول الكائن الممرض (البكتريا أو الفيروسات) إلى الجسم فإن الخلايا البلعمية الكبيرة تقوم بابتلاعه ثم تفكيكه (تفكيك أنتيجين الكائن الممرض) إلى أجزاء صغيرة.




- ترتبط هذه الأجزاء الصغيرة داخل الخلايا البلعمية الكبيرة ببروتين التوافق النسيجى MHC.
- ينتقل المركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع بروتين التوافق النسيجى MHC إلى سطح الغشاء البلازمى للخلايا البلعمية الكبيرة (أي يتم عرضه على سطحها الخارجي).

### (٢) دور الخلايا التائية المساعدة $T_H$

- ترتبط الخلايا التائية المساعدة $T_H$ عن طريق مستقبلها CD4 الموجود على سطحها بالمركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع بروتين التوافق النسيجى MHC لتتحول إلى خلايا تائية مساعدة منشّطة.

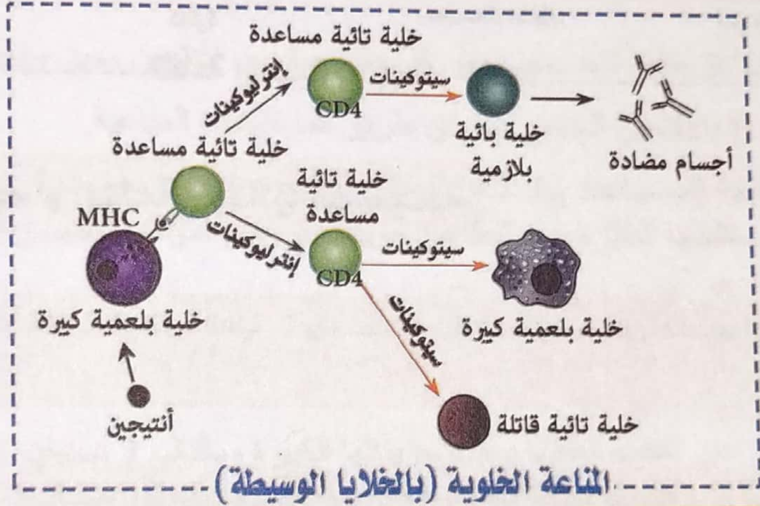
### (٣) دور الخلايا التائية المساعدة $T_H$ المنشّطة

- تقوم الخلايا التائية المساعدة $T_H$ المنشّطة بإفراز:

**بروتينات الإنترليوكينات**
تقوم بتنشيط (تحفيز) الخلايا التائية المساعدة التى ارتبطت بها كى تنقسم لتكون سلالة من:
- خلايا $T_H$ منشطة
- خلايا $T_H$ ذاكرة: تبقى فى الدم لمدة طويلة لتتعرف على نفس نوع الأنتيجين إذا دخل الجسم مرة ثانية.

**عدة أنواع من بروتينات السيتوكينات**
تعمل على:
- جذب: الخلايا البلعمية الكبيرة إلى مكان الإصابة بأعداد غفيرة.
- تنشيط:
  - الخلايا البلعمية الكبيرة
  - الخلايا الليمفاوية البائية B
  - الخلايا التائية السامة Tc
  - الخلايا القاتلة الطبيعية NK

، وبالتالي تنشيط آليتى المناعة الخلطية والخلوية.



المناعة الخلوية (بالخلايا الوسيطة)

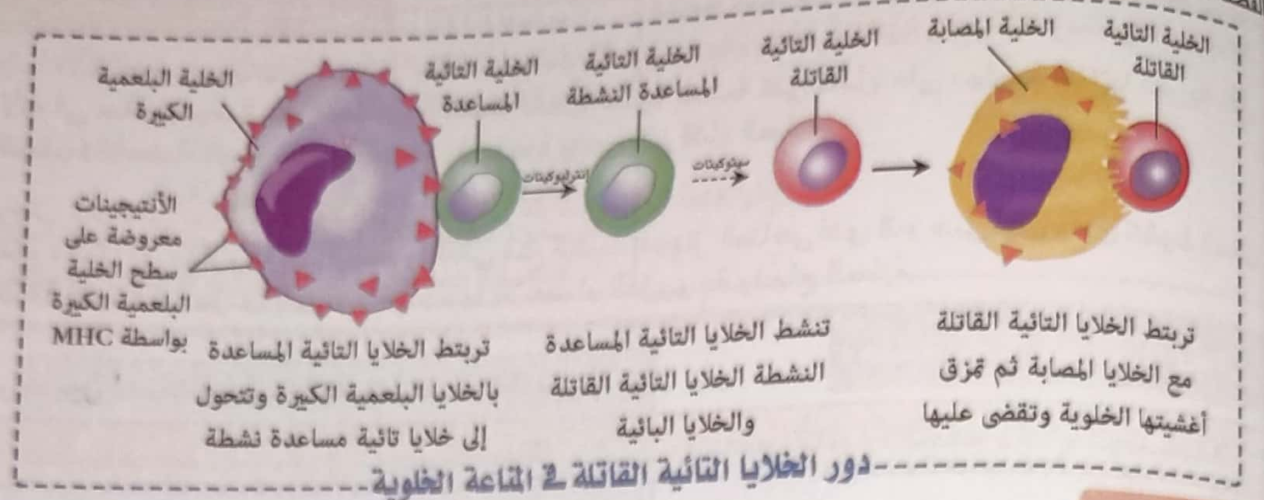
### (٤) دور الخلايا التائية السامة (القاتلة) $T_C$

- تتعرف الخلايا التائية السامة Tc بواسطة المستقبل CD8 الموجود على سطحها على الأجسام الغريبة كالأنسجة المزروعة فى الجسم أو أنتيجينات الميكروبات التى تدخل الجسم أو الخلايا السرطانية وترتبط بها ثم تقضى عليها عن طريق إفراز:
- **بروتين البيرفورين (البروتين صانع الثقوب):** الذي يعمل على تثقيب غشاء الجسم الغريب.
- **سموم ليمفاوية:** تنشط جينات معينة فى نواة الخلايا المصابة مما يؤدى إلى تفتيت نواة الخلية وموتها.



(٥) دور الخلايا القاتلة الطبيعية NK

- تقوم بمهاجمة الخلايا الغريبة عن الجسم كالخلايا السرطانية أو الخلايا المصابة بالكائنات الممرضة (الفيروسات) والقضاء عليها بواسطة الإنزيمات التى تفرزها.




دور الخلايا التائية القاتلة في المناعة الخلوية

**ملحوظات**

- خلية تنشط آليتى المناعة الخلطية والخلوية: الخلية التائية المساعدة $T_H$.
- مواد كيميائية تنشط آليتى المناعة الخلطية والخلوية: السيتوكينات.
- الخلايا التى تعمل فى كل من المناعة الطبيعية والمكتسبة: الخلايا البلعمية الكبيرة والخلايا القاتلة الطبيعية.

**أجب عما يأتي:**

أيهما أكثر فعالية المناعة الخلطية أم المناعة الخلوية ؟ مع التفسير.

المناعة الخلوية أكثر فعالية؛ لأن:

- المناعة الخلوية تهاجم خلايا الأنسجة المصابة بالفيروسات بينما لا تستطيع المناعة الخلطية مهاجمتها.
- المناعة الخلوية أكثر تنوعًا من المناعة الخلطية بسبب الاستجابة النوعية للأنتيجينات حيث إنه عند نضج الخلايا التائية تستطيع أن تكون مستقبلات متنوعة حسب الأنتيجينات التى تحملها الميكروبات بينما المناعة الخلطية محدودة بخمس أنواع من الأجسام المضادة ترتبط مع عدد أقل من الأنتيجينات.

## تثبيط الاستجابة المناعية

بعد القضاء على أنتيجينات الكائنات الممرضة ترتبط الخلايا المثبطة Ts بواسطة المستقبل CD8 الموجود على سطحها مع:

- الخلايا البائية البلازمية B
- الخلايا التائية المساعدة $T_H$
- الخلايا التائية السامة Tc

، وذلك لتحفيزها لإفراز بروتينات الليمفوكينات التى تثبط (تكبح) الاستجابة المناعية، مما يؤدى إلى:

- توقف الخلايا البائية البلازمية عن إنتاج الأجسام المضادة.
- موت الكثير من الخلايا التائية المساعدة المنشطة والسامة.



**بعد تنبيط الاستجابة المناعية تختزن بعض الخلايا الليمفاوية** (البائية البلازمية والتائية المساعدة TH والتائية السامة Tc) لتكون مهيأة لمكافحة أى عدوى أخرى عند الحاجة.

**أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتي:**

١ يلجأ الأطباء فى عمليات زراعة الأعضاء إلى حقن المريض بأدوية مثبطة للمناعة.
لأنه فى حالة تنشيط الجهاز المناعى ستنشط الخلايا التائية السامة التى تعمل على مهاجمة الخلايا الغريبة عن الجسم كالأعضاء المزروعة والقضاء عليها مما يؤدى إلى فشل العملية.

٢ يعيش المرضى ذوو الأعضاء المزروعة فى غرف معقمة لعدة أيام.
لمنع دخول أى ميكروب إلى الجسم وبالتالى منع تنشيط الجهاز المناعى لدى المرضى فيقل معدل تنشيط الخلايا التائية السامة مما يؤدى إلى عدم مهاجمتها للأعضاء المزروعة ونجاح العملية.

## مقارنة بين المناعة الخلطية والمناعة الخلوية:

| المناعة الخلطية (المناعة بالأجسام المضادة) | المناعة الخلوية (المناعة بالخلايا الوسيطة) |
|---|---|
| **أوجه الشبه** | |
| كلاهما يمثلان مناعة مكتسبة (متخصصة أو تكيفية) أى أنهما يمثلان خط الدفاع الثالث الذى يلجأ إليه الجسم إذا أخفق خط الدفاع الثانى فى التخلص من الأجسام الغريبة. | |
| **أوجه الاختلاف** | |
| **(١) وصفها** | |
| الاستجابة المناعية التى تقوم خلالها الخلايا الليمفاوية البائية B بالدفاع عن الجسم ضد أنتيجينات الكائنات الممرضة (كالبكتيريا والفيروسات) والسموم الموجودة فى سوائل الجسم (بلازما الدم والليمف) بواسطة الأجسام المضادة. | الاستجابة المناعية التى تقوم بها الخلايا الليمفاوية التائية T بواسطة المستقبلات الموجودة على أغشيتها التى تكسبها الاستجابه النوعية للأنتيجينات. |
| **(٢) الخلايا التى تشترك فى القيام بها** | |
| الخلايا البلعمية الكبيرة والخلايا البائية والخلايا التائية المساعدة $T_H$. | الخلايا البلعمية الكبيرة والخلايا البائية والخلايا التائية المساعدة $T_H$ والخلايا التائية السامة Tc والخلايا القاتلة الطبيعية NK. |
| **(٣) أنواع المواد الكيميائية المتكونة** | |
| الإنترليوكينات - الأجسام المضادة. | الإنترليوكينات - الأجسام المضادة - السيتوكينات - البيروفرين - السموم الليمفاوية. |
| **(٤) الاستجابة المناعية** | |
| تنقسم الخلايا البائية المنشطة B وتتضاعف لتتمايز إلى نوعين من الخلايا:<br>١- خلايا بائية بلازمية تنتج كميات كبيرة من الأجسام المضادة التى تدور عبر الأوعية الليمفاوية ومجرى | - تقوم الخلايا التائية المساعدة المنشطة بإفراز عدة أنواع من بروتينات السيتوكينات التى تعمل على:<br>١- جذب الخلايا البلعمية الكبيرة إلى مكان الإصابة بأعداد غفيرة. |

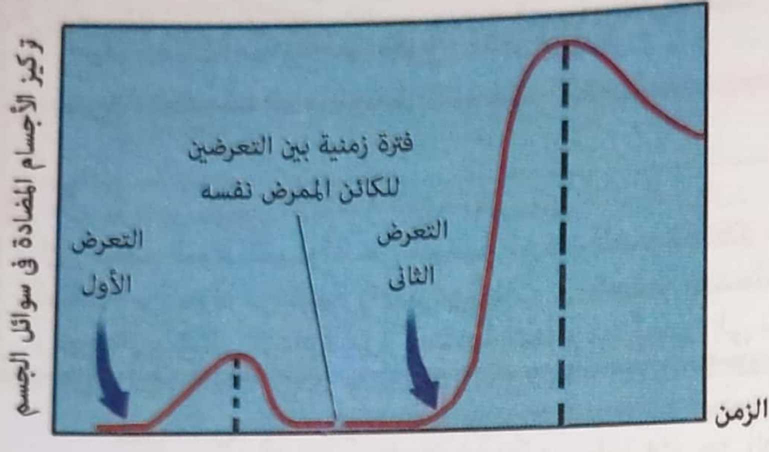
| | |
|---|---|
| الدم لترتبط بـالأنتيجينـات الموجودة على سـطح الكائنات الممرضـة مما يثير الخلايا البلعمية الكبيرة فتقوم بالتهام هذه الأنتيجينات.<br>٢- خلايا ليمفاوية بائية ذاكرة تبقى فى الدم لمدة طويلة لتتعرف على نفس الأنتيجين إذا دخل الجسـم مرة أخرى. | ٢- تنشيط الخلايا القاتلة الطبيعية NK لمهاجمة خلايا الجسـم غير الطبيعية كالخلايا السـرطانية أو المصـابة بالكائنات الممرضـة والقضـاء عليها بواسطة الإنزيمات التى تفرزها.<br>٣- تنشيط الخلايا البائية لإنتاج أجسام مضادة.<br>- تقوم الخلايا التائية السامة بإفراز:<br>• بروتين البيرفورين: يعمل على تقفيب غشاء الجسم الغريب (ميكروب أو خلية سرطانية)<br>• سموم ليمفاوية: تنشط جينات معينة فى نواة الخلايا المصابة مما يؤدى إلى تفتيت نواة الخلية وموتها. |

## مراحل المناعة المكتسبة

تحدث المناعة المكتسبة على مرحلتين، هما:

١ **المرحلة الأولى:** الاستجابة المناعية الأولية.

٢ **المرحلة الثانية:** الاستجابة المناعية الثانوية.




**الاستجابة المناعية الأولية والثانوية**

### مقارنة بين الاستجابة المناعية الأولية والاستجابة المناعية الثانوية:

| الاستجابة المناعية الأولية (المناعة الأولية) | الاستجابة المناعية الثانوية (المناعة الثانوية) |
|---|---|
| **المفهوم** | |
| هي استجابة الجهاز المناعى لكائن ممرض جديد. | هى اسـتجابة الجهاز المناعى لنفس الكائن الممرض الذى سبق الإصابة به. |
| **الخلايا المسئولة عنها** | |
| الخلايا الليمفاوية البائية والتائية هى المسـئولة عن الاسـتجابة المناعية الأولية حيث تسـتجيب لأنتيجينات الكائن الممرض وتهاجمها حتى تقضى عليها. | خلايا الذاكرة هى المسـئولة عن الاسـتجابة المناعية الثانوية ... **علل ؟**<br>لأنها تختزن المعلومات عن الأنتيجينات التى حاربها الجهاز المناعى فى الماضى. |
| **السرعة** | |
| الاستجابة المناعية الأولية استجابة بطيئة ... **علل ؟**<br>لأنها تستغرق وقتًا ما بين (٥ : ١٠ أيام) للوصول إلى أقصى إنتاجية من الخلايا البائية والتائية، والتى تكون فى حاجه للوقت كى تتضاعف. | الاستجابة المناعية الثانوية استجابة سريعة جدًا... **علل ؟**<br>لأنه غالبًا ما يتم تدمير الكائن الممرض قبل أن تظهر أعراض المرض. |



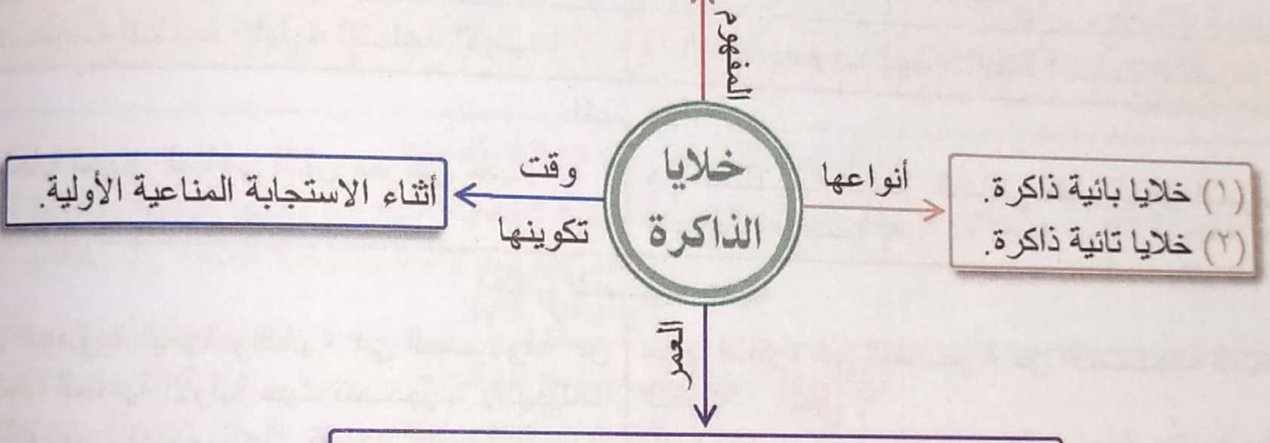


| ظهور أعراض المرض | |
|---|---|
| يصاحب الاستجابة المناعية الأولية ظهور أعراض المرض ... علل ؟ لأن العدوى تصبح واسعة الانتشار فى الجسم. | لا يصاحب الاستجابة المناعية الثانوية ظهور أعراض المرض ... علل ؟ لأنه يتم تدمير الكائن الممرض بسرعة. |
| **خلايا ذاكرة** | |
| يتكون خلالها خلايا الذاكرة البائية والتائية وتبقى كامنة فى الدم. | تنشط فيها خلايا الذاكرة التى سبق تكوينها فى الاستجابة المناعية الأولية. |

**أسئلة متنوعة:**

١ اذكر المصطلح العلمى:
- مواد كيميائية مسئولة عن تكوين خلايا الذاكرة. (الإنترليوكينات)
- نوع من الخلايا البائية ترتبط بأنتيجينات الكائن الممرض بدون تنشيط من أى خلايا أخرى بالجسم. (خلايا بائية ذاكرة)

٢ علل: يوصى بتناول الأطعمة الغنية بالبروتين أثناء المرض.
لأن معظم المواد المسئولة عن مجابهة الميكروبات والكائنات الممرضة التى تغزو أنسجة الجسم تتكون بصفة أساسية من مواد بروتينية (الإنترليوكينات - الأجسام المضادة - السيتوكينات - البيرفورين - الإنتروفينات.. وغيرها) وبالتالى تزداد القدرة المناعية للجسم مما يؤدى إلى سرعة الشفاء.




**أهمية خلايا الذاكرة:**

أثناء المجابهة الثانية مع نفس الكائن الممرض، تستجيب خلايا الذاكرة للكائن الممرض فور دخوله إلى الجسم فتبدأ فى الانقسام سريعًا وينجم عن نشاطها السريع إنتاج العديد من الأجسام المضادة والعديد من الخلايا التائية النشطة خلال وقت قصير.



**مثال:** لا يصاب الإنسان بالحصبة إلا مرة واحدة فى حياته لأنه اكتسب مناعة ضد الإصابة بهذا المرض.

## أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتي:

1. لا يصاب الإنسان بالحصبة إلا مرة واحدة فى حياته.
لأنه اكتسب مناعة ضد الإصابة بهذا المرض نتيجة تكون خلايا ذاكرة أثناء الإصابة الأولى فأثناء المجابهة الثانية مع فيروس الحصبة تستجيب خلايا الذاكرة له فور دخوله إلى الجسم فتبدأ فى الانقسام سريعًا وينجم عن نشاطها السريع إنتاج العديد من الأجسام المضادة والعديد من الخلايا التائية النشطة خلال وقت قصير فيتم القضاء عليه قبل ظهور أعراض المرض.

2. تحتوى اللقاحات على الجراثيم المسببة للمرض فى صورة ميتة أو مضعفة.
حتى لا يكون لها القدرة على إحداث المرض وفي نفس الوقت يكون لها القدرة على تحفيز الجهاز المناعى على تكوين أجسام مضادة ضدها وخلايا تبقى كامنة فى الدم لحماية الجسم من الإصابة بالمرض الذى تسببه هذه الجراثيم عند دخولها إلى الجسم مرة ثانية.

## مقارنة بين: اللقاح والمصل

اللقاح: الميكروب المسبب للمرض فى صورة ميتة أو مضعفة.
المصل: أجسام مضادة جاهزة ضد الميكروب المسبب للمرض.
أيهما أفضل، ولماذا؟
اللقاح أفضل من المصل؛ لأن المصل لا يستحث الجهاز المناعى لتكوين خلايا ذاكرة ضد الميكروب ولذا يستمر تأثيره لفترة قصيرة تنتهى بتحلل الأجسام المضادة، أما اللقاح فيستحث الجهاز المناعى لتكوين:
- خلايا بائية بلازمية تنتج أجسام مضادة للميكروب.
- خلايا بائية وتائية ذاكرة وأثناء المجابهة الثانية مع نفس الكائن الممرض تستجيب خلايا الذاكرة بالانقسام والتضاعف وينجم عن نشاطها السريع إنتاج العديد من الأجسام المضادة والخلايا التائية خلال وقت قصير لذا يستمر تأثير اللقاح لفترة طويلة.

## ملحوظات

- لا تعمل المتممات إلا فى وجود الخلايا البائية البلازمية التى تنتج الأجسام المضادة.
- مقارنة بين الأنتيجينات والمستقبلات المناعية:

| | الأنتيجينات | المستقبلات المناعية |
|---|---|---|
| مكان الوجود | توجد على سطح الأجسام الغريبة التى تغزو أنسجة الجسم مثل البكتيريا | توجد على سطح الخلايا الليمفاوية. |
| الوظيفة | تنبه الجهاز المناعى فتحدث الاستجابة حيث تتعرف الخلايا الليمفاوية من خلالها على الأجسام الغريبة وتلتصق بها ثم تجهز آليات الدفاع ضدها لحماية الجسم منها. | تتعرف من خلالها الخلايا الليمفاوية على الأجسام الغريبة وترتبط بالأنتيجينات الموجودة على سطحها لتقوم كل منها باستجابتها المناعية لحماية الجسم. |

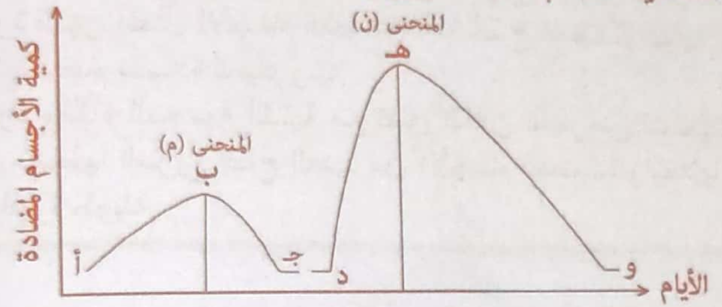


## تابع الملحوظات

| التركيب | خط الدفاع الذى يمثله | نوع المناعة |
|---|---|---|
| - حمض الهيدروكلوريك. | - الأول. | - المناعة الطبيعية. |
| - الخلايا الصارية. | - الثانى. | - المناعة الطبيعية. |
| - الخلايا القاعدية. | - الثانى. | - المناعة الطبيعية. |
| - الخلايا المتعادلة. | - الثانى. | - المناعة الطبيعية. |
| - الخلايا وحيدة النواة. | - الثانى. | - المناعة الطبيعية. |
| - الخلايا القاتلة الطبيعية. | - الثانى والثالث. | - المناعة الطبيعية و المكتسبة. |
| - الإنترفيرونات. | - الثانى. | - المناعة الطبيعية. |
| - الخلايا البلعمية الكبيرة الثابتة. | - الثانى. | - المناعة الطبيعية. |
| - الخلايا البلعمية الكبيرة الدوارة. | - الثانى والثالث. | - المناعة الطبيعية والمكتسبة. |
| - الخلايا البائية. | - الثالث. | - المناعة المكتسبة (خلوية وخلطية). |
| - الخلايا $T_H$. | - الثالث. | - المناعة المكتسبة (خلوية وخلطية). |
| - الخلايا $T_C$. | - الثالث. | - المناعة المكتسبة (الخلوية فقط). |

## منحنيات

الشكل يوضح الاستجابة المناعية عند الإصابة الأولى والإصابة الثانية بميكروب معين، أجب:




١- اذكر اسم الخلايا المسئولة عن تكوين الأجسام المضادة فى كل منحنى على حدة.

٢- اذكر اسم الخلايا التى يتناقص عددها والتى يتزايد عددها فى الفترة ب ←─ ج

٣- اذكر اسم المواد المتوقع زيادتها أثناء المرحلة (أ ←─ ب) ، (هـ ←─ و).

٤- فى أى منحنى ستظهر أعراض المرض ؟ ولماذا ؟

٥- لو أن هذا المنحنى يمثل استجابة الجسم ضد ميكروب حمى الملاريا، كيف تتعرف على إصابة المريض بهذا المرض ؟

### :الإجابة:

١-

- المنحنى (م): الخلايا البائية البلازمية.
- المنحنى (ن): الخلايا البائية الذاكرة.

٢-

- يتزايد عدد الخلايا التائية الثبطة (الكابحة) Ts.
- يتناقص عدد الخلايا التائية المساعدة والسامة المنشطة والخلايا البائية البلازمية.



٣-
- (أ ←ب): الأجسام المضادة والإنترليوكينات.
- (هـ ←و): بروتينات اللمفوكينات.

٤- تظهر أعراض المرض في المنحنى (م)؛ لأنها تمثل استجابة مناعية أولية لكائن ممرض جديد وهى استجابة بطيئة لأنها تستغرق وقتا ما بين (٥ : ١٠) أيام للوصول إلى أقصى إنتاجية من الخلايا والتى تكون فى حاجة إلى الوقت كى تنقسم وتتضاعف فتظهر على المريض أعراض المرض.

٥- ستظهر على المريض أعراض حمى الملاريا على هيئة نوبات متقطعة مثل (ارتفاع درجة الحرارة - رعشة - عرق غزير).

**ماذا يحدث عند:**

- إصابة الإنسان بالسرطان ؟
- إصابة الإنسان بفيروس C ؟

- يزداد عدد الخلايا التائية السامة (القاتلة) TC لتهاجم الخلايا المصابة بالسرطان أو بفيروس C وذلك عن طريق إفراز بروتين البيرفورين الذى يعمل على تثقيب غشاء الخلايا المصابة وإفراز سموم ليمفاوية تنشط جينات معينة في نواة الخلايا المصابة مما يؤدى إلى تفتيت الخلية وموتها.
- يزداد عدد الخلايا القاتلة الطبيعية NK لمهاجمة الخلايا المصابة بالسرطان أو بفيروس C والقضاء عليها بواسطة الإنزيمات التي تفرزها.
- تقوم الخلايا المصابة بفيروس C بإنتاج الإنترفيرونات لمنع الفيروس من التكاثر والانتشار في الجسم حيث إنها ترتبط بالخلايا الحية المجاورة للخلايا المصابة وتحثها على إنتاج نوع من الإنزيمات يعمل على تثبيط عمل إنزيمات نسخ الحمض النووي للفيروس.

## مخطط يوضح آليتى عمل المناعة المكتسبة

**الأنتيجين**

- تتعرف الخلايا B على الأنتيجين وترتبط به بواسطة المستقبلات المناعية الموجودة على سطحها وتعرضه على غشائها البلازمى مرتبطًا بالـ MHC
- تلتهم الخلايا البلعمية الكبيرة الأنتيجين وتفككه إلى أجزاء صغيرة بواسطة إنزيمات الليسوسومات وتعرضه على غشائها البلازمى مرتبطًا بالـ MHC

تتعرف الخلايا $T_H$ عن طريق المستقبل CD4 على المركب الناتج من ارتباط الأنتيجين مع بروتين MHC وترتبط به وتتحول إلى خلايا $T_H$ نشطة تقوم بإفراز الإنترليوكينات التى تنشط:

### مناعة خلطية

الخلايا البائية التي تحمل على سطحها الأنتيجين المرتبط مع بروتين MHC وتتضاعف لتتمايز إلى:

- خلايا بائية ذاكرة — عند دخول الأنتيجين مرة ثانية تنقسم وتتمايز إلى ← خلايا بائية بلازمية
- خلايا بائية بلازمية: تنتج أجسام مضادة ترتبط بالأنتيجين الموجود على سطح الكائن الممرض مما يحفز الخلايا البلعمية على التهامه والقضاء عليه

### مناعة خلوية

الخلايا $T_H$ غير نشطة عند ارتباطها بها وتحفزها على الانقسام إلى:

- خلايا $T_H$ ذاكرة: تبقى فى الدم مدة طويلة لتتعرف على نفس نوع الأنتيجين إذا دخل الجسم مرة ثانية
- خلايا $T_H$ منشطة: تفرز السيتوكينات التى تعمل على:
  - جذب: الخلايا البلعمية
  - تنشيط:
    - الخلايا البلعمية
    - الخلايا NK: تهاجم الخلايا المصابة بالفيروس والخلايا السرطانية عن طريق إفراز الإنزيمات للقضاء على هذه الخلايا
    - الخلايا TC: تتعرف بواسطة المستقبل CD8 على الأجسام الغريبة كالأنسجة المزروعة فى الجسم أو أنتيجينات الميكروبات أو الخلايا السرطانية وترتبط بها ثم تقضى عليها من خلال إفراز:
      - بروتين البيرفورين: يثقب غشاء الجسم الغريب
      - سموم ليمفاوية: تنشط جينات معينة فى نواة الخلية المصابة فتفتت مما يؤدى إلى موتها
    - الخلايا B

## أسئلة بنظام Open Book

**١ اختر الإجابة الصحيحة مما بين الأقواس:**

١- الخلايا المسئولة عن نقل الحديد من الطحال إلي نخاع العظام الأحمر هي ..........
(أ) خلايا الدم الحمراء (ب) الخلايا المتعادلة (ج) الخلايا البلعمية الكبيرة (د) الخلايا الليمفاوية

٢- العضو الليمفاوي المسئول عن تنقية الدم مما يعلق به من جراثيم وحطام الخلايا هو ..........
(أ) نخاع العظام (ب) العقد الليمفاوية (ج) الطحال (د) بقع باير

٣- العضو الليمفاوي المسئول عن تنقية الليمف مما يعلق به من جراثيم وحطام الخلايا هو..........
(أ) نخاع العظام (ب) العقد الليمفاوية (ج) الطحال (د) بقع باير

٤- العضو الليمفاوي الذي ينتج عن حدوث خلل به زيادة معدلات الاصابة بالأنيميا (فقر الدم) هو..........
(أ) نخاع العظام الأصفر (ب) اللوزتين (ج) العقد الليمفاوية (د) الطحال

٥- نوع الروابط المسئولة عن تنوع الأجسام المضادة عن بعضها البعض هو..........
(أ) هيدروجينية (ب) ببتيدية (ج) أيونية (د) تساهمية قطبية

٦- من أكثر المواد المناعية تواجدا في بشرة فتاة تعاني من حبوب الشباب: ..........
(أ) الانترليوكينات (ب) الانترفيرونات (ج) الكيموكينات (د) المتممات

٧- كل الخلايا المناعية التالية يمكنها القيام بعملية البلعمة ماعدا..........
(أ) الحامضية (ب) البلعمية الكبيرة (ج) القاتلة الطبيعية NK (د) المتعادلة

٨- أي الأشكال البيانية التالية تعبر عن سرعة تدفق الدم داخل الأوعية الدموية عند موضع الاستجابة الالتهابية؟

(أ) سرعة تدفق الدم / الزمن
(ب) سرعة تدفق الدم / الزمن
(ج) سرعة تدفق الدم / الزمن
(د) سرعة تدفق الدم / الزمن

**الإجابة:** ١- (ج) ٢- (ج) ٣- (ب) ٤- (د) ٥- (أ) ٦- (ج) ٧- (ج) ٨- (أ)

**٢ أعط تفسيرا علميا دقيقا لكل مما يلي :**

١- تستخدم الانترفيرونات حاليا في علاج التهاب الكبد الوبائي الفيروسي C.

لمنع الفيروس من التكاثر والانتشار في الجسم حيث ترتبط الانترفيرونات بالخلايا الحية المجاورة للخلايا المصابة (التى لم تصب بالفيروس بعد) وتحفزها على إنتاج نوع من الإنزيمات يعمل على تثبيط عمل أنزيمات نسخ الحمض النووى للفيروس .

نخاع الغدة الكظرية.

٢- يمكن علاج الالتهابات الشديدة بحقن المريض بخلاصة نخاع الغدة الكظرية (هرموني الأدرينالين والنورأدرينالين) يحفزان انقباض العضلات اللاإرادية الملساء الموجودة في جدران الأوعية الدموية فيقل توارد الدم للأنسجة الملتهبة وتقل نفاذية الشعيرات الدموية الصغيرة ويزداد ضغط الدم الناتج وبذلك يضاد عمل الهيستامين عند مكان الالتهاب .

٣ في تجربة معملية تم عزل خليتين متجاورتين من خلايا الكبد ووضعهما في وسط غذائي ملائم ثم حقن الخلية (١) بفيروس C فلوحظ انتقال المادة الكيميائية (أ) من الخلية (١) إلي الخلية (٢).

**في ضوء ذلك أجب:**

٥- ما المادة الكيميائية (أ) وما تركيبها الجزيئي ؟

٦- هل ستصاب الخلية (٢) بفيروس C مع مرور الزمن ؟ مع تفسير إجابتك.

٧- هل ستصاب الخلية (٢) بفيروس أخر عند إضافته لهذا الوسط ؟ مع تفسير إجابتك.

٨- إلي أي خطوط الدفاع تنتمي آلية المناعة السابقة ؟

**-:الإجابة:-**

١- الانترفيرونات؛ بروتينات تنظيمية تتكون من ارتباط عدة أحماض أمينية معا بروابط ببتيدية.

٢- لن تصاب هذه الخلية بفيروس C ؛ لأن الانترفيرون يمنع الفيروس من التكاثر والانتشار حيث يرتبط الانترفيرون بالخلايا الحية المجاورة للخلايا المصابة ( التي لم تصب بالفيروس بعد ) ويحفزها على إنتاج نوع من الإنزيمات يعمل على تثبيط عمل أنزيمات نسخ الحمض النووي للفيروس .

٣- لن تصاب هذه الخلية بفيروس أخر؛ لأن الانترفيرونات غير متخصصة ضد فيروس معين وبالتالي يستمر تأثيرها ببقاء الخلية حية ويمنع اصابتها بأي فيروس أخر.

٤- الثاني.

٣ **اكتب ما تشير إليه كل عبارة مما يلي:**

١- حاجز كيميائي يلعب دورًا هامًا في خط الدفاع الأول بالجسم.

٢- هرمون يساهم في تكوين حاجز كيميائي في خط الدفاع الأول بالجسم.

٣- هرمون يساهم في تكوين حاجز ميكانيكي في خط الدفاع الأول بالجسم.

٤- هرمون يلعب دورا هاما في خط الدفاع الثالث بالجسم.

٥- بروتين تركيبي يلعب دورا هاما في خط الدفاع الأول بالجسم.

٦- خلية ليمفاوية تبدأ استجابتها المناعية دون التعرف علي الأنتيجين.

٧- إحدى طرق عمل الأجسام المضادة تمنع وصول فيروس كورونا للغشاء المخاطي المبطن للمرات التنفسية.

٨- عضيات خلوية مسئولة بشكل أساسي عن عملية البلعمة.

**-:الإجابة:-**

١- حمض الهيدروكلوريك HCL

٢- الجاسترين ؛ لأنه يحفز إفراز حمض الهيدروكلوريك HCl من المعدة

٣- الثيروكسين ؛ لأنه يحافظ علي سلامة الجلد كحاجز ميكانيكي

٤- التيموسين

١- الكيراتين

٢- القاتلة الطبيعية NK

٣- التعادل

٤- الليسوسومات

الدرس 1

# جهود العلماء لمعرفة المادة الوراثية للكائن الحى

## مقدمة

- قد يتساءل البعض:
- ما الذى يدفع البيضة الملقحة المفردة إلى أن تنقسم وتنمو لتأخذ شكلا مميزًا لكل فرد ؟
- لماذا يحمل البشر صفات مختلفة تميزهم عن غيرهم من الكائنات الحية ؟
- لماذا يختلف البشر في صفاتهم الوراثية عن بعضهم البعض ؟
- ما العوامل التى تتحكم في النمو والانقسام لمرحلة معينة ؟
- ما المقصود بالمادة الوراثية وكيف تتحكم في إظهار الصفات الوراثية ؟

كل هذه الأسئلة سوف نجد لها إجابة في علم يسمى «**البيولوجيا الجزيئية Molecular Biology**».

**البيولوجيا الجزيئية**

أحد مجالات العلم الحديث الذى يهتم بدراسة الأساس الجزيئى للوراثة DNA وهو يتقدم بسرعة كبيرة جدًا .

### ملحوظات

- تتكون المادة الوراثية من **مجموعة من الجينات**.

**الجينات**

وحدات المعلومات الوراثية التى تتحكم في الصفات الوراثية.

- تحمل الجينات على صبغيات (كروموسومات) داخل نواة الخلية.
- نواة الخلية هي المسئولة عن انتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء ... **فسر؟**

  لأنها تحتوى على وحدات المعلومات الوراثية التى يطلق عليها اسم الجينات والتى تحمل بدورها على الصبغيات (الكروموسومات) والتى تنتقل من جيل لآخر.
- اعتقد العلماء أن الصبغيات هي التى تحمل المعلومات الوراثية ... **فسر؟**

  لأنه أثناء الانقسام الميتوزى للخلية تنفصل الصبغيات إلى مجموعتين متماثلتين بحيث يصبح لكل خلية ناشئة عن الانقسام نفس عدد الصبغيات الموجودة في الخلية الأصلية وهذا دليل على أن الصبغيات هي التى تحمل المعلومات الوراثية.
- يدخل في تركيب الصبغى مركبان أساسيان هما: البروتين، DNA.

**والسؤال الآن:** أيًا منهما (البروتين أم DNA) يحمل المعلومات الوراثية ؟

- كان يعتقد أن البروتين هو المادة الوراثية وليس DNA في بادئ الأمر ... **فسر؟**

  وذلك للأسباب التالية:
  - البروتينات يدخل في تركيبها ٢٠ نوع من الأحماض الأمينية المختلفة، والتى تتجمع معًا بطرق مختلفة لتعطى عددًا لا حصر له من المركبات البروتينية المختلفة بما يتناسب مع تنوع الصفات الوراثية.
  - DNA يدخل في تركيبه ٤ نيوكليوتيدات فقط.
- في أربعينات القرن الماضى ظهر خطأ هذا الاعتقاد وأثبتت الأدلة أن المادة الوراثية هي DNA وليس البروتين مما أدى إلى قيام العلماء بدراسة الأساس الجزيئى للوراثة والذى يطلق عليه عادةً اسم **البيولوجيا الجزيئية**.




## أ التحول البكتيرى Bacterial transformation

### تجربة العالم جريفث Griffith

- أجري العالم البريطاني جريفث تجاربه على الفئران عام ١٩٢٨م لدراسة البكتيريا المسببة للالتهاب الرئوي.
- استخدم جريفث في تجاربه على الفئران نوعين من البكتيريا المسببة للالتهاب الرئوي **وهما:**
  - **سلالة البكتيريا (S) المميتة:** تؤدى إلى موت الفئران بسبب الالتهاب الرئوي الحاد.
  - **سلالة البكتريا (R) غير المميتة:** تؤدى إلى إصابة الفئران بالالتهاب الرئوي ولا تسبب موتها.

| الخطوات | المشاهدة | الصورة التوضيحية |
|---|---|---|
| (١) حقن مجموعة من الفئران بسلالة بكتيريا (S). | إصابة الفئران بالالتهاب الرئوي الحاد ثم موتها. | |
| (٢) حقن مجموعة من الفئران بسلالة بكتيريا (R). | إصابة الفئران بالالتهاب الرئوي وعدم موتها. | |
| (٣) حقن مجموعة من الفئران بسلالة بكتيريا (S) سبق قتلها حراريًا. | عدم موت الفئران. | |
| (٣) حقن مجموعة من الفئران بسلالة بكتيريا (S) سبق قتلها حراريًا مع سلالة بكتيريا (R) حية. | موت بعض الفئران وعند فحص الفئران الميتة وجد بها بكتيريا (S) حية. | |

**الاستنتاج:**
المادة الوراثية الخاصة بسلالة البكتيريا (S) انتقلت إلى داخل سلالة البكتيريا (R) فتحولت إلى سلالة (S) المميتة وأطلق جريفث على هذه الظاهرة اسم «**التحول البكتيرى**».

**قصور التجربة:**
عجز جريفث عن تفسير انتقال المادة الوراثية من بكتيريا (S) إلى بكتيريا (R).

**التحول البكتيرى**
تحول سلالة البكتيريا (R) غير المميتة إلى سلالة البكتيريا (S) المميتة نتيجة انتقال المادة الوراثية إليها.

## تجربة للعالم إفرى وزملاؤه

| الخطوات | الاستنتاج |
|---|---|
| (١) قاموا بعزل مادة التحول البكتيرى التى تسببت في تحول سلالة البكتيريا (R) إلى سلالة البكتيريا (S) المميتة.<br>(٢) قاموا بتحليل مادة التحول البكتيرى. | مادة التحول البكتيري تتكون من DNA. |

**التفسير العام للتحول البكتيرى:**
سلالة البكتيريا (R) قد امتصت (DNA) الخاصة بسلالة البكتيريا (S) -بطريقة غير معروفة حتى الآن- فاكتسبت خصائصها وانتقلت هذه الخصائص إلى الأبناء.

**قصور التجربة (الاعتراض على أن DNA هو المادة الوراثية):**
الجزء من DNA الذى سبب التحول البكتيرى لم يكن نقى تمامًا؛ لأنه كان يحمل كمية من البروتين يحتمل أن تكون السبب في إحداث هذا التحول.

## التجربة الحاسمة

| الخطوات | المشاهدة |
|---|---|
| (١) تم معاملة المادة النشطة المنتقلة (DNA + البروتينات) المسئولة عن التحول البكتيرى بإنزيم دى أكسى ريبونيوكليز (Deoxyribonuclease) الذى يعمل على تحليل جزئ DNA تحليلاً كاملاً، ولا يؤثر على البروتينات أو RNA.<br>(٢) تم نقل المادة إلى سلالة البكتيريا (R) غير المميتة. | لم تتحول سلالة البكتيريا (R) غير المميتة إلى سلالة البكتيريا (S) الميتة. |

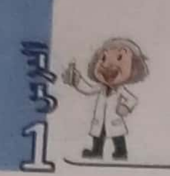
**التفسير:**
تتوقف عملية التحول البكتيرى نتيجة لغياب مادة DNA التى تحللت.

**الاستنتاج:**
DNA هو المادة الوراثية وليس البروتين.

### أسئلة متنوعة:

١ فسر: تلعب بعض الإنزيمات دورًا في إثبات أن DNA هو المادة وراثية.
لأنه عند معاملة المادة النشطة المنتقلة في تجارب التحول البكتيرى والتى تتكون من DNA وبروتين بإنزيم دى أكسى ريبونيوكليز الذى يعمل على تحليل جزئ DNA تحليلا كاملا ولا يؤثر على البروتينات أو RNA وجد أنه لم تتحول سلالة البكتيريا (R) غير المميتة إلى سلالة البكتيريا (S) المميتة فتوقفت عملية التحول البكتيري نتيجة لغياب مادة DNA التى تحللت مما يؤكد أن DNA هو مادة الوراثة.

٢ في ضوء دراستك: حدد أي مكونات الدم ينشط فيها إنزيم دى أوكسى ريبونيوكليز بصورة مستمرة عند نضجها، مع التفسير.
كريات الدم الحمراء؛ لأن هذا الإنزيم يعمل على تحليل DNA تحليلا كاملا دون أن يؤثر على البروتينات أو RNA وبالتالي تتحلل المادة الوراثية فيها داخل النواة فتضمر النواة وتتحلل وتصبح هذه الخلايا عديمة الأنوية حتى تؤدى وظيفتها.



## ب لاقمات البكتيريا (البكتيريوفاج) Bacteriophages

**التصنيف:** فيروس محتواه الجينى عبارة عن DNA.

**التركيب:**
يتركب من DNA يحيط به غلاف بروتينى يمتد ليكون ما يشبه الذيل.

رأس
DNA
غلاف بروتينى
ذيل حلزونى
محور الذيل

تركيب البكتيريوفاج

**آلية التكاثر:**

1. يهاجم الفيروس الخلية البكتيرية فيتصل بها عن طريق الذيل.
2. تنفذ المادة الوراثية للفيروس إلى داخل الخلية البكتيرية وتتضاعف أعدادها.
3. تنفجر الخلية البكتيرية بعد ٣٢ دقيقة ويخرج منها حوالى ١٠٠ فيروس جديد مكتمل التكوين.

**الأهمية البيولوجية:** تم استخدامه لإثبات أن DNA هو المادة الوراثية وليس البروتين.

**تفسير آلية التكاثر:**
انتقال مادة أو مجموعة مواد من الفيروس تحوى جينات الفيروس إلى الخلية البكتيرية فتتكون فيروسات جديدة مكتملة التكوين.

الغلاف البروتينى الفارغ للفاج
المادة الوراثية للفاج
(١) مهاجمة الفاج للخلية البكتيرية
DNA البكتيرى
(٢) بعد ٤ دقائق من المهاجمة
الغلاف البروتينى الفارغ للفاج
(٣) بعد ١٥ دقيقة
(٤) بعد ٢٠ دقيقة
الفاج الجديد
(٥) بعد ٢٨ دقيقة
انفجار الخلية البكتيرية وانطلاق الفاج الجديد
(٦) بعد ٣٢ دقيقة

تكاثر البكتيريوفاج

أسئلة متنوعة:

(١) احسب عدد الفيروسات الناتجة تقريبًا من مهاجمة فاج واحد لمزرعة بكتيريا خلال ٦٤ دقيقة.

-:الحل:-

بعد مرور ٣٢ دقيقة يخرج من الخلية البكتيرية حوالى ١٠٠ فيروس جديد ..
ثم كل فيروس جديد يهاجم خلية بكتيرية أخرى من المزرعة ..
وبالتالي يكون عدد الفيروسات الناتجة بعد مرور ٦٤ دقيقة= ١٠٠ × ١٠٠ =١٠٠٠٠ فيروس جديد تقريبًا.

(٢) اذكر وظيفة: ذيل البكتيريوفاج.
يتصل من خلاله البكتيريوفاج بالخلية البكتيرية التى يهاجمها فتنفذ المادة الوراثية للفيروس إلى داخل الخلية البكتيرية وتتضاعف أعدادها لإتمام عملية التكاثر.

## تجربة العالمين (هيرشى وتشيس)

استغل العالمان هيرشى وتشيس بعض الحقائق العلمية لإجراء تجربتهما:

- **DNA**: يدخل في تركيبه الفوسفور ولا يدخل في تركيبه الكبريت.
- **البروتين**: قد يدخل في تركيبه الكبريت ولا يدخل في تركيبه الفوسفور.

| الخطوات | المشاهدة |
|---|---|
| (١) قاما بترقيم DNA الفيروسى (DNA للبكتيريوفاج) بالفوسفور المشع، وترقيم البروتين الفيروسى بالكبريت المشع وسمحا لهذا الفيروس بمهاجمة البكتيريا. | - كل الفوسفور المشع تقريبًا قد انتقل إلى داخل الخلية البكتيرية، دليل على وصول كل DNA الفيروسى تقريبًا. |
| (٢) قاما بالكشف عن كل من الفوسفور المشع والكبريت المشع داخل وخارج الخلايا البكتيرية. | - أقل من ٣٪ من الكبريت المشع قد انتقل إلى داخل الخلية البكتيرية دليل على عدم وصول أغلب البروتين الفيروسى. |

**الاستنتاج:**
- DNA الفيروسى يدخل إلى الخلية البكتيرية ويدفعها إلى بناء فيروسات جديدة.
- DNA هو المادة الوراثية وليس البروتين.

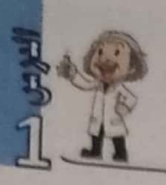
مما سبق نستنتج من تجارب التحول البكتيرى والتجارب التى أجريت على الفاج أن الجينات على الأقل الخاصة بسلالات بكتيريا الالتهاب الرئوي وفيروسات الفاج تتكون من DNA.

ونلاحظ أن هذه الاستنتاجات قصرت على الكائنات الحية التى أجريت عليها هذه التجارب..

، والسؤال الآن: هل كل الكائنات الحية محتواها الجينى DNA ؟

والإجابة: بالنفى؛ لأن هناك بعض الفيروسات (مثل: فيروس الإنفلونزا، وشلل الأطفال، والإيدز) لا يدخل DNA في تركيبها بل ثبت أن RNA هو المادة الوراثية في هذه الفيروسات، إلا أن هذه الفيروسات بالتأكيد تشذ عن القاعدة حيث أنها تكون جزءً صغيرًا من صور الحياة، ولكن كل الدراسات التى أجريت حتى الآن أكدت على أن DNA هو المادة الوراثية لجميع الأحياء تقريبًا.





## ٧ كمية DNA فى الخلايا

فى حقيقيات النواة وجد بالقياس أن:

1. كمية DNA في أنواع مختلفة من الخلايا الجسدية لكائن معين (مثل الدجاج) متساوية بينما كمية البروتين في نفس الخلايا غير متساوية.
2. كمية DNA في الخلايا الجنسية (الأمشاج) تعادل نصف كمية DNA في الخلايا الجسدية لنفس الكائن الحى، وحيث إن الفرد الجديد ينشأ من اتحاد مشيج مذكر مع مشيج مؤنث لذلك يجب أن يحتوى كل مشيج على نصف كمية DNA (المعلومات الوراثية) الموجودة في الخلية الجسدية وإلا فإن المادة الوراثية ستتضاعف في كل جيل، ولا ينطبق ذلك على البروتين.
3. البروتينات يتم هدمها وإعادة بنائها باستمرار داخل الخلايا، بينما DNA يكون ثابتًا بشكل واضح في الخلية (لا يتحلل).

### ملحوظات

- العملية التى يستعيد بها الكائن الحى كمية DNA تسمى عملية الإخصاب.
- إذا كانت كمية البروتين في الخلايا الجسدية متساوية بينما كمية DNA غير متساوية ... **ماذا يحدث ؟**
  سيكون احتمال أن البروتين هو المادة الوراثية هو الأكثر قبولا.
- قد تتساوى كمية DNA في الأمشاج مع كميتها في الخلايا الجسدية في بعض الكائنات ... **فسر ؟**
  لأن الأمشاج في بعض الكائنات قد تنتج من الانقسام الميتوزى كما في:
  - نبات الفوجير: تنتج الأمشاج (ن) من الانقسام الميتوزى للانثريديا والأرشيجونيا على الطور المشيجى (ن).
  - ذكر نحل العسل: تنتج أمشاجه (ن) من الانقسام الميتوزى للمناسل (ن).
  - أنثى حشرة المن: تنتج الويضات (٢ن) من الانقسام الميتوزى للمناسل (٢ن) في التوالد البكرى الطبيعى.

# الحمض النووي DNA

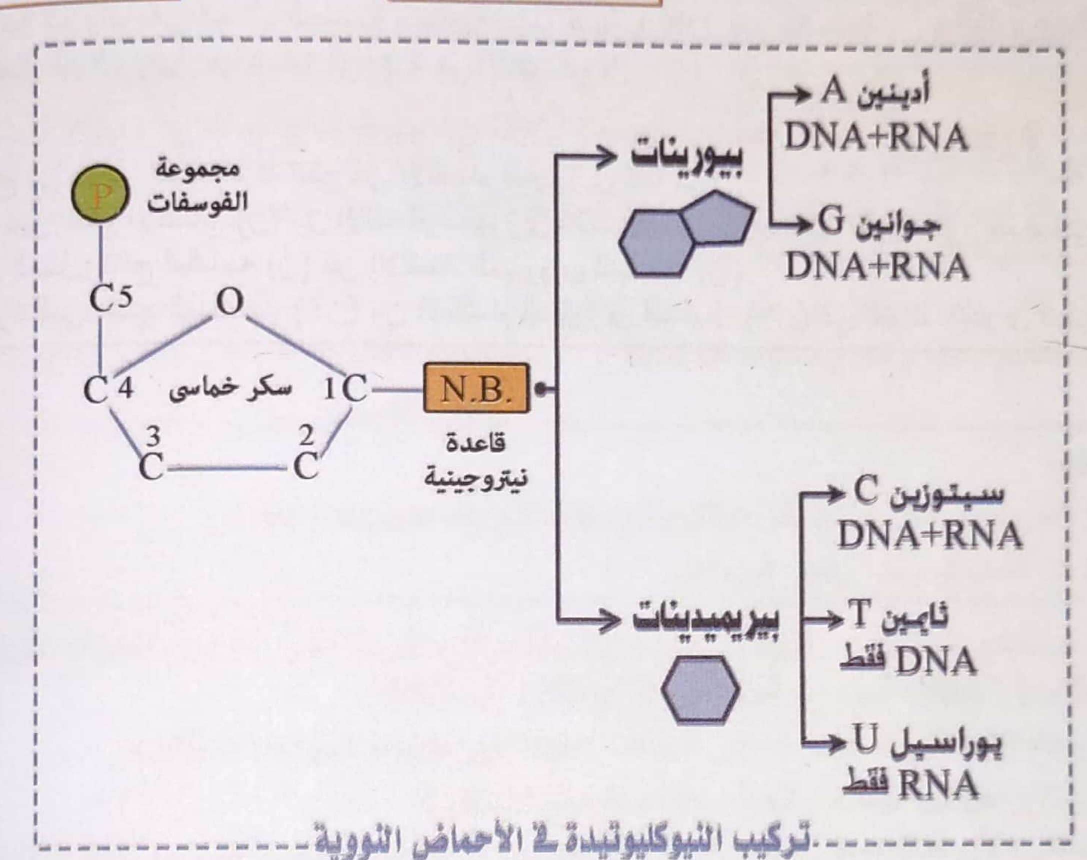
## تركيب DNA

يتركب DNA من نيوكليوتيدات ترتبط مع بعضها بطريقة معينة.

### النيوكليوتيدة

تتركب من:

- سكر خماسي الكربون (سكر ديوكسى ريبوز)
- مجموعة فوسفات: مرتبطة بذرة الكربون رقم (5) في السكر الخماسي برابطة تساهمية.
- قاعدة نيتروجينية: مرتبطة بذرة الكربون رقم (1) في السكر الخماسي برابطة تساهمية.




تركيب النيوكليوتيدة في الأحماض النووية

**ملحوظة**

يحتوى شريط DNA على أربعة قواعد نيتروجينية قد تكون إحدى مشتقات:

- البيريميدينات **Pyrimidine**: ذات الحلقة الواحدة مثل ثايمين (T) Thymine أو سيوزين (C) Cytosine.
- البيورينات **Purine**: ذات حلقتين مثل أدينين (A) Adenine أو جوانين (G) Guanine.

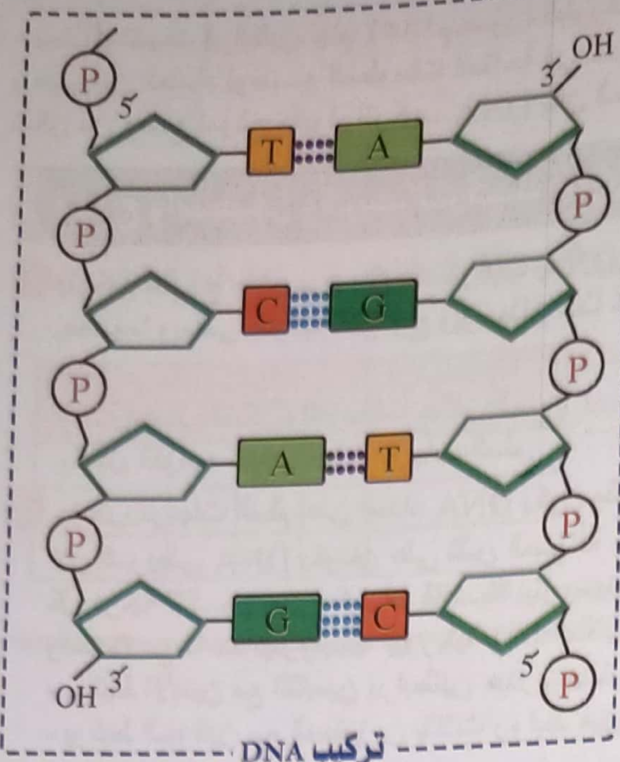
ترتبط النيوكليوتيدات ببعضها فى شريط DNA كالآتى:

١ مجموعة الفوسفات المتصلة بذرة الكربون رقم (5) فى سكر إحدى النيوكليوتيدات ترتبط برابطة تساهمية بذرة الكربون رقم (3) فى النيوكليوتيدة التالية ..
الصورة النهائية: شريط يتبادل فيه السكر والفوسفات يطلق عليه **«هيكل سكر فوسفات»**.

٢ هيكل سكر فوسفات غير متماثل ... **علل؟**
لأن به مجموعة فوسفات حرة طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقم (5) فى السكر الخماسى عند إحدى نهاياته، ومجموعة هيدروكسيل (OH) حرة طليقة مرتبطة بذرة الكربون رقم (3) فى السكر الخماسى عند النهاية الأخرى للهيكل.

٣ تبرز قواعد البيورين والبيريميدين على جانب واحد من هيكل سكر فوسفات.

٤ فى كل جزىء DNA يكون عدد النيوكليوتيدات التى تحتوى على الأدنين مساوية لتلك التى تحتوى على الثايمين (A = T)، وعدد النيوكليوتيدات التى تحتوى على الجوانين مساوية لتلك التى تحتوى على السيتوزين (G = C).



تركيب DNA

**ملحوظة**

يتساوى عدد القواعد البيورينية مع عدد القواعد البريميدينية فى جزىء DNA ... **فسر؟**
**حيث يكون:**
- عدد النيوكليوتيدات المحتوية على الأدنين يتساوى مع تلك التى تحتوى على الثايمين (A = T).
- عدد النيوكليوتيدات المحتوية على الجوانين يتساوى مع تلك التى تحتوى على السيتوزين (G = C).

## الدليل المباشر على تركيب DNA (دراسات فرانكلين)

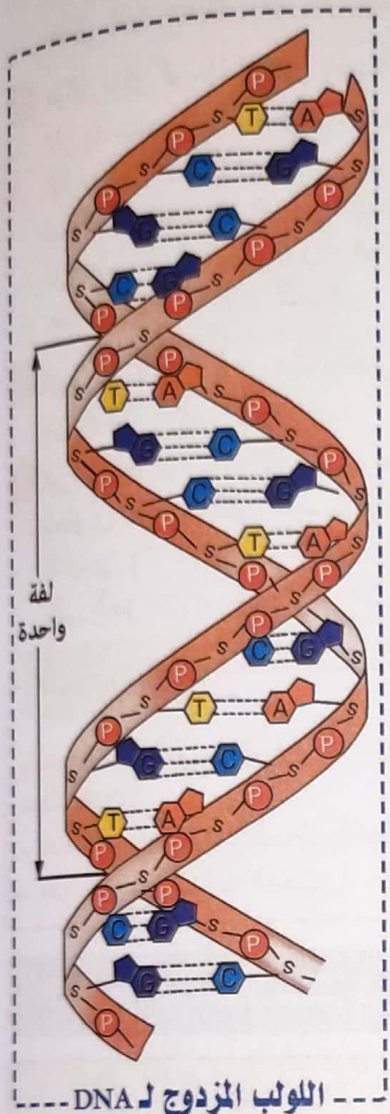
| الخطوات | المشاهدة | الاستنتاج |
|---|---|---|
| ١ استخدمت فرانكلين تقنية أشعة X فى الحصول على صور لبللورات من DNA عالى النقاوة.<br>٢ قامت بإمرار أشعة X خلال بللورات من جزيئات DNA ذات تركيب منتظم. | حدوث تشتت لأشعة X وظهور طراز من توزيع نقط أعطى تحليلها معلومات عن شكل DNA. | ١ جزىء DNA ملتف على شكل حلزون أو لولب بحيث تكون القواعد متعامدة على طول الخيط.<br>٢ هيكل سكر فوسفات يوجد فى الجهة الخارجية من اللولب والقواعد النيتروجينية توجد جهة الداخل.<br>٣ قطر اللولب يدل على أنه يتكون من أكثر من شريط DNA. |






- بعد أن نشرت فرانكلين عام ١٩٥٢م صورًا للبلورات من DNA عالى النقاوة أوضحت فيها هذه النتائج بدأ سباق رهيب بين العلماء لوضع المعلومات المتاحة فى صورة نموذج Model لتركيب جزىء DNA، إلا أن أول من تمكن من وضع نموذج مقبول لتركيب DNA كان العالمان الإنجليزيان واطسون وكريك.

## نموذج واطسون وكريك لتركيب جزىء DNA




اللولب المزدوج لـ DNA

١ يتركب نموذج واطسون وكريك لتركيب DNA من شريطين يلتفان حول بعضهما ويسمى اللولب المزدوج ويرتبطان معًا كالسلم ... **فسر؟**

حيث:

- يمثل هيكل السكر والفوسفات جانبي السلم.
- تمثل القواعد النيتروجينية درجات السلم.

٢ عرض درجات السلم على امتداد DNA يكون متساوى ... **علل؟**

لأن شريطى DNA يكونان على نفس المسافة من بعضهما البعض؛ لأن كل درجة تتكون من ارتباط قاعدة نيتروجينية بريميدنية (ذات حلقة واحدة) مع قاعدة نيتروجينية بيورينية (ذات حلقتين)، حيث:

- يرتبط الأدنين مع الثايمين برابطتين هيدروجينيتين (T ⁞⁞ A).
- يرتبط الجوانين مع السيتوزين بثلاث روابط هيدروجينية (C ⁞⁞⁞ G).

٣ شريطا جزىء DNA متعاكسا الاتجاه ... **فسر؟**

حيث يكون أحد الشريطين اتجاهه (5َ ← 3َ) بينما يكون الشريط المقابل اتجاهه (3َ ← 5َ) بمعني أن مجموعة الفوسفات الطرفية المتصل بذرة الكربون رقم (5) فى السكر الخماسى فى شريطى DNA تكون عند الطرفين المعاكسين حتى تتكون الروابط الهيدروجينية بين زوجى القواعد النيتروجينية المتكاملة بشكل سليم.

٣ يلتف (يجدل) سلم DNA حول نفسه ... **علل؟**

ليتكون لولب أو حلزون DNA لتقصير طوله بحيث يوجد ١٠ نيوكليوتيدات في كل لفة على الشريط الواحد.

٤ يطلق على جزىء DNA «اللولب المزدوج» ... **علل؟**

لأنه عبارة عن شريطين يلتفان حول بعضهما البعض لتكوين لولب (حلزون).

### أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتي:

تلعب بعض الروابط دورًا هامًا فى تركيب جزىء DNA.

لأنه يوجد العديد من أنواع الروابط التى تدخل فى تركيبه منها:

**١- روابط تساهمية:**

- بين مجموعة الفوسفات وذرة الكربون رقم (5) فى سكر إحدى النيوكليوتيدات، وأيضًا مع ذرة الكربون رقم (3) فى سكر النيوكليوتيدة التالية لها على هيكل سكر الفوسفات.
- بين القاعدة النيتروجينية وذرة الكربون رقم (1) فى السكر الخماسى للنيوكليوتيدة.

**٢- روابط هيدروجينية:** بين أزواج القواعد النيتروجينية المتكاملة على شريطى DNA، حيث:

- يرتبط الأدنين مع الثايمين برابطتين هيدروجينيتين.
- يرتبط الجوانين مع السيتوزين بثلاث روابط هيدروجينية.

## أسئلة متنوعة:

1. يوصى بتناول الطعام المحتوى على الفوسفات.

لأن الفوسفات يدخل فى تكوين:

١- جزيئات ATP التى تعتبر المخزون المباشـر للطاقة فى العضلات مما يؤدى إلى انقباض العضلة بصورة طبيعية لتادية الأنشطة والوظائف الحيوية المختلفة.

٢- جزيئات DNA والتي تعتبر المادة الوراثية للكائن الحى والمسئولة عن إظهار الصفات الوراثية المختلفة وانقسام الخلايا.

2. ادرس الشكل المقابل علمًا بأن علامة (✓) تشير إلى وجود هذا العنصر ضمن تركيب هذا الجزء ثم حدد أجزاء النيوكليوتيدة الموضحة، مع تفسير إجابتك.

| أجزاء نيوكليوتيدة DNA | العناصر الكيميائية | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | C | H | P | N | O |
| ١ | | ✓ | ✓ | | ✓ |
| ٢ | ✓ | ✓ | | ✓ | ✓ |
| ٣ | ✓ | ✓ | | | ✓ |

(١) مجموعة الفوسفات؛ لاحتوائها على عنصر الفوسفور.
(٢) قاعدة نيتروجينية؛ لاحتوائها على عنصر النيتروجين.
(٣) سكر خماسى الكربون؛ لعدم احتوائه على عناصر النيتروجين والفوسفور.

## تضاعف DNA

**توقيت الحدوث:** تتضاعف كمية DNA فى الخلية قبل أن تبدأ فى الانقسام.

**الهدف منه:** حتى تستقبل كل خلية جديدة نسخة طبق الأصل من المعلومات الوراثية الخاصة بالخلية الأم.

### ملائمة جزيء DNA لعملية التضاعف:

أشار «واطسون وكريك» إلى أن جزيء DNA يحتوى على وسيلة يمكن بها مضاعفة المعلومات الوراثية بدقة ... **فسر؟**

حيث إن الشريطين يحتويان على قواعد نيتروجينية متكاملة أي أن تتابع النيوكليوتيدات فى كل شريط يوفر المعلومات اللازمة لبناء شريط مقابل له ومتكامل معه فيعمل كل شريط قديم كقالب لبناء شريط DNA جديد يتكامل معه.

**مثال:**

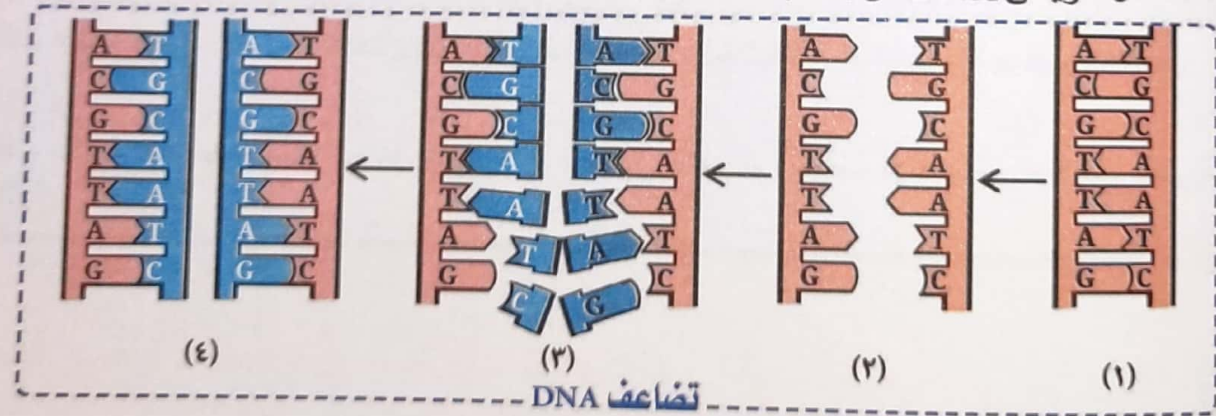
إذا كان تتابع القواعد النيتروجينية فى جزء من أحد الشريطين هو

(5̀..... A – A – T – C – C ..... 3̀)

فإن قطعة الشريط التى تتكامل معه تكون كالتالى

(3̀..... T – T – A – G – G ..... 5̀)

وبالتالى عند فصل شريطى DNA عن بعضهما البعض فإن أيًا منهما يمكن أن يعمل كقالب لإنتاج شريط يتكامل معه.




تضاعف DNA





### شروط حدوث عملية تضاعف DNA:

١ تكامل نشاط عدد من الإنزيمات والبروتينات فى الخلية وهى اللولب، البلمرة، الربط.

٢ وجود شريط DNA قديم يمكن استخدامه كقالب لبناء شريط DNA جديد يتكامل معه.

### خطوات عملية تضاعف DNA:

١ ينفك التفاف اللولب المزدوج.

٢ تتحرك إنزيمات اللولب **(DNA – helicases)** على امتداد اللولب المزدوج فاصلة الشريطين عن بعضهما عن طريق كسر الروابط الهيدروجينية بين القواعد النيتروجينية المتزاوجة فى كلا الشريطين.

٣ يبتعد الشريطان عن بعضهما لتتمكن القواعد النيتروجينية من تكوين روابط هيدروجينية مع نيوكليتيدات جديدة.

٤ تقوم إنزيمات البلمرة **(DNA – Polymerases)** ببناء أشرطة DNA جديدة كالتالى:

(أ) فى حالة الشريط (´3 ⟵ ´5) الأصلى القالب:

تقوم إنزيمات البلمرة بإضافة نيوكليوتيدات جديدة الواحدة تلو الأخرى من البداية (´5) إلى النهاية (´3) لشريط DNA الجديد ويتم ذلك بعد أن تتزاوج القاعدة النيتروجينية فى النيوكليوتيدة الجديدة مع القاعدة النيتروجينية الموجودة على شريط القالب.



دور الإنزيمات فى تضاعف DNA

(ب) فى حالة الشريط (´5 ⟵ ´3) الأصلي المعاكس:

تقوم إنزيمات البلمرة ببناء قطع صغيرة من شريط DNA الجديد فى اتجاه (´5 ⟵ ´3) ثم ترتبط هذه القطع الصغيرة مع بعضها بواسطة **إنزيمات الربط (DNA – Ligases)** وذلك لأن إنزيم البلمرة لا يعمل فى اتجاه (´3 ⟵ ´5).

#### ملحوظة

يعمل إنزيم البلمرة فى اتجاه واحد فقط وهو من الطرف (´5) إلى الطرف (´3) لذلك فإنه:

- يصلح لبناء الشريط المكمل للشريط القالب (´3 ⟵ ´5) بمفرده.
- لا يصلح لبناء الشريط المكمل للشريط المعاكس (´5 ⟵ ´3) إلا بمساعدة إنزيمات الربط.

#### ماذا يحدث عند:

١ اختفاء إنزيمات اللولب من الخلايا الجسدية لطفل صغير ؟

توقف عملية تضاعف DNA داخل الخلايا وبالتالى تتوقف الخلايا عن الانقسام والنمو فيموت الطفل.

٢ اختفاء إنزيمات اللولب من الخلايا الجسدية لشخص بالغ ؟

توقف عملية تضاعف DNA داخل الخلايا فتتوقف عن الانقسام وتتوقف الأنشطة والوظائف الحيوية داخل الخلايا.

**مكان حدوث عملية تضاعف** DNA: يختلف حسب نوع الكائن الحى كالتالى:

**فى أوليات النواة**

- يوجد DNA فى السيتوبلازم غير محاط بغشاء نووي.
- يوجد على شكل لولب مزدوج تلتحم نهاياته مع بعضهما البعض ويتصل مع الغشاء البلازمى عند نقطة ما يبدأ عندها نسخ جزىء DNA.
- تبدأ عملية تضاعف DNA عند نقطة اتصاله مع الغشاء البلازمى للخلية.

**فى حقيقيات النواة**

- يوجد DNA داخل النواة محاط بغشاء نووي.
- يوجد فى صورة صبغيات يحتوى كل صبغى على جزىء واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الأخر.
- تبدأ عملية تضاعف DNA من عند أى نقطة على امتداد جزىء DNA فى الصبغى.

**ما مدى صحة العبارة:**

يحتوى جزىء DNA فى أوليات النواة على مجموعة فوسفات P وهيدروكسيل OH حرة طليقة عند أطرافه ؟

عبارة غير صحيحة؛ لأن جزىء DNA فى أوليات النواة يكون على شكل لولب مزدوج تلتحم نهاياته مع بعضهما البعض وبالتالي لا يحتوى على مجموعات P أو OH حرة طليقة عند أطرافها.

**إرشادات حل المسائل:**

١- جين = قطعة DNA = لولب مزدوج = شريطين من DNA = جزىء DNA.
٢- عدد النوكليوتيدات = عدد القواعد النيتروجينية = عدد مجموعات الفوسفات = عدد جزيئات السكر الخماسى.
٣- عدد مجموعات الفوسفات الحرة الطليقة فى حقيقيات النواة = عدد مجموعات الهيدروكسيل الحرة الطليقة = ٢ فى كل جزىء.
٤- عدد مجموعات الفوسفات الحرة الطليقة فى أوليات النواة = صفر.
٥- عدد مجموعات الهيدروكسيل الحرة الطليقة فى أوليات النواة = صفر.
٦- عدد اللفات الموجودة فى قطعة من DNA = $\frac{\text{عدد النيوكليوتيدات الموجودة فى هذه القطعة}}{٢٠}$.
٧- عدد اللفات الموجودة فى شريط مفرد من DNA = $\frac{\text{عدد النيوكليوتيدات الموجودة فى هذا الشريط}}{١٠}$.
٨- عدد درجات السلم فى DNA = عدد نيوكليوتيدات الشريط الواحد = عدد أزواج النيوكلوتيدات على الشريطين.
٩- ترتبط قاعدة الأدنين مع قاعدة الثايمين برابطتين هيدروجينيتين .. ، بينما ترتبط قاعدة الجوانين مع قاعدة السيتوزين بثلاث روابط هيدروجينية .
١٠- $A = T$ ، $G = C$
١١- $A + G = T + C = 50\%$
١٢- $\frac{G}{C} = \frac{A}{T} = ١$
١٣- $\frac{A+G}{T+C} = ١$

تابع إرشادات حل المسائل:

١٤ عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة فى قطعة DNA = (عدد قواعد السيتوزين أو الجوانين) × ٣ + (عدد قواعد الأدنين أو الثايمين) × ٢.

١٥ عدد الروابط الهيدروجينية المزدوجة الموجودة فى قطعة DNA = عدد قواعد A = عدد قواعد T .. فى اللولب المزدوج.

١٦ عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة في ثلاثيات فى قطعة DNA = عدد قواعد G = عدد قواعد C .. فى اللولب المزدوج.

١٤ عدد قواعد البيورينات ذات الحلقيتين = عدد قواعد البيريميدينات ذات الحلقة الواحدة.

١٧ عدد حلقات كل درجة من درجات سلم DNA = ٣ حلقات.

مثال (١)

قطعة من DNA عند تحليلها وجد أنها تحتوى على ١٠٠٠ نيوكليوتيدة منها ١٥٠ نيوكليوتيدة تحتوى على قاعدة الأدنين، فى ضوء ذلك: احسب:

١- عدد مجموعات الفوسفات الموجودة فى هذه القطعة.
٢- عدد مجموعات الفوسفات الحرة الموجودة فى هذه القطعة.
٣- عدد اللفات الموجودة فى هذه القطعة.
٤- عدد باقى القواعد النيتروجينية فى هذه القطعة.
٥- نسبة قواعد الجوانين فى هذه القطعة.
٦- عدد درجات السلم فى هذه القطعة.
٧- عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة فى هذه القطعة.
٨- عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة بصورة مزدوجة فى هذه القطعة.
٩- عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة في صورة ثلاثيات فى هذه القطعة.
١٠- أثبت أن: $\frac{A + G}{T + C} = ١$.

**:الحل:-**

١- عدد مجموعات الفوسفات = عدد النيوكليوتيدات = ١٠٠٠.

٢- عدد مجموعات الفوسفات الحرة = ٢.

٣- عدد اللفات = $\frac{\text{عدد النيوكليوتيدات فى القطعة}}{٢٠} = \frac{١٠٠٠}{٢٠} =$ ٥٠ لفة.

٤- ∵ عدد القواعد النيتروجينية = عدد النيوكليوتيدات = ١٠٠٠.

∵ عدد قواعد A = عدد قواعد T = ١٥٠ قاعدة.

∴ عدد قواعد G + عدد قواعد C = ١٠٠٠ - (٢ × ١٥٠) = ١٠٠٠ - ٣٠٠ = ٧٠٠ قاعدة.

∴ عدد قواعد G = عدد قواعد C = $\frac{٧٠٠}{٢}$ = ٣٥٠ قاعدة.

٥- نسبة قواعد G = نسبة قواعد C = $\frac{\text{عدد قواعد G}}{\text{العدد الكلى للقواعد}} \times ١٠٠ = \frac{٣٥٠}{١٠٠٠} \times ١٠٠$ = ٣٥٪.

٦- عدد درجات السلم = عدد نيوكليوتيدات الشريط الواحد = $\frac{١٠٠٠}{٢}$ = ٥٠٠ درج.

٧- عدد الروابط الهيدروجينية = (عدد قواعد G × ٣) + (عدد قواعد A × ٢)
= (٣٥٠ × ٣) + (١٥٠ × ٢) = ١٣٥٠ رابطة.

٨- عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة فى صورة مزدوجة = عدد قواعد A = ١٥٠ رابطة.

٩- عدد الروابط الهيدروجينية في صورة ثلاثيات = عدد قواعد G = ٣٥٠ رابطة.

١٠- $\frac{A+G}{T+C} = \frac{١٥٠ + ٣٥٠}{١٥٠ + ٣٥٠} = \frac{٥٠٠}{٥٠٠} = ١$.

**مثال (٢)**

إذا علمت أن $\frac{2}{3} = \frac{G}{A}$ فى أحد جزيئات DNA فى خلية جسدية لإنسان ما.
ما النسبة المئوية لكل من C ، T فى الشريطين ؟

**الحل:-**

$$\frac{G}{A} = \frac{2}{3} = \frac{C}{T}$$

بفرض أن:

$$G = 2X = C \quad ، \quad A = 3X = T$$

$$A + G + C + T = 100\% \longrightarrow 3X + 2X + 2X + 3X = 100\%$$

$$10X = 100\% \longrightarrow X = 10\%$$

وبالتالي تكون نسبة:

$$G = C = 2X = 2 \times 10 = 20\%$$

$$A = T = 3X = 3 \times 10 = 30\%$$

**مثال (٣)**

الجدول التالى يوضح النسب المئوية للقواعد النيتروجينية بحمض DNA فى خليتين مختلفتين لأرنب واحد، ماذا تستنتج من كل مما يأتي ؟

| النسبة المئوية للقواعد النيتروجينية فى جزيئات DNA | | | | |
|---|---|---|---|---|
| القواعد النيتروجينية | A | T | C | G |
| خلية كبد الأرنب | ٢٨,٧ | ٢٨,٣ | ٢١,٤ | ٢١,٦ |
| خلية جلد الأرنب | ٢٨,٧ | ٢٨,٣ | ٢١,٤ | ٢١,٦ |

١- مقارنة النسب المئوية للقواعد النيتروجينية فى خلية كبد الأرنب مع نسبتها المئوية فى خلية جلد الأرنب.
٢- مقارنة النسب المئوية للقواعد النيتروجينية فى خلية كبد الأرنب ببعضها.

**الحل:-**

١- الخلايا الجسمية لنفس الكائن تحتوى على نفس الكمية من القواعد النيتروجينية وبالتالي تكون DNA فى أنواع مختلفة من الخلايا الجسدية لنفس نوع الكائن الحى متساوية مما يدل على أن DNA هو المادة الوراثية وليس البروتين.

٢- نسبة قواعد الأدنين تساوى تقريبًا نسبة قواعد الثايمين، نسبة قواعد الجوانين تساوى تقريبًا نسبة قواعد السيتوزين مما يدل على أن DNA لولب مزدوج.

## أضف إلى معلوماتك

- قد يكون الكروموسوم (الصبغى) أحادى الكروماتيد أو ثنائى الكروماتيد حسب الطور الانقسامى للخلية.
- عدد المجموعات الصبغية = عدد الكروموسومات.
- يحتوى كل صبغى (كروموسوم مفرد أحادى الكروماتيد) على جزىء واحد من DNA، يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الآخر.
- تتضاعف كمية المادة الوراثية (DNA) فى الطور البينى (التحضيرى) قبيل انقسام الخلية (ميوزى أو ميتوزى) حتى تحتفظ الخلايا الجديدة الناتجة عن الانقسام بنفس الخصائص الوراثية.
- جدول يوضح العلاقة بين عدد الكروموسومات وعدد جزيئات DNA فى الخلايا المختلفة للإنسان.

| الخلية | عدد الكروموسومات | عدد الكروماتيد | عدد جزيئات DNA | عدد المجموعات الصبغية | مثال |
|---|---|---|---|---|---|
| خلية جسدية. | ٤٦ | ٤٦ | ٤٦ | ٢ن | الجلد، الشعر. |
| خلية تناسلية. | ٤٦ | ٤٦ | ٤٦ | ٢ن | كيس الصفن، الخصية، المبيض، جرثومية أمية، أمهات منى، أمهات البيض، منوية أولية، بيضية أولية. |
| خلايا جنسية. | ٢٣ | ٢٣ | ٢٣ | ن | الحيوانات المنوية، البويضات. |
| جسدية (أو تناسلية) فى الطور البينى قبيل انقسام الخلية سواء ميوزى أو ميتوزى. | ٤٦ | ٩٢ | ٩٢ | ٢ن | — |
| جسدية ناتجة عن انقسام ميتوزى. | ٤٦ | ٤٦ | ٤٦ | ٢ن | الجلد، الشعر. |
| خلية ناتجة عن انقسام ميوزى أول. | ٢٣ | ٤٦ | ٤٦ | ن | منوية ثانوية، بيضية ثانوية، الجسم القطبى الأول. |
| خلية ناتجة عن انقسام ميوزى ثانٍ. | ٢٣ | ٢٣ | ٢٣ | ن | الطلائع المنوية، الحيوانات المنوية، البويضات، الأجسام القطبية النهائية . |

## إصلاح عيوب DNA

- كل المركبات البيولوجية التى توجد فى الخلية على شكل بوليمرات تكون معرضة للتلف من حرارة الجسم والبيئة المائية داخل الخلية.

**البوليمرات**

مركبات طويلة تتكون من وحدات بنائية متكررة (كالنشا، البروتين، الأحماض النووية) تتعرض للتلف باستمرار بسبب حرارة الجسم والبيئة المائية داخل الخلية.

- يعتبر DNA من المركبات البيولوجية المعرضة للتلف حيث تفقد الخلية البشرية يوميًا حوالى ٥٠٠٠ قاعدة بيورينية (أدينين وجوانين) من DNA الموجود بها.



### أسباب تلف DNA:

يتعرض DNA للتلف باستمرار داخل الخلية ... علل؟

بسبب:

1. حرارة الجسم والتي تعمل على كسر الروابط التساهمية التى تربط السكريات الخماسية.
2. البيئة المائية داخل الخلية.
3. المركبات الكيميائية.
4. الإشعاع.

### تأثير تلف DNA:

- عند تعرض DNA للإشعاع أو المركبات الكيميائية أو الحرارة ...ماذا يحدث؟

يتعرض DNA للتلف، ويحدث تغير فى المعلومات الوراثية الموجودة به وبالتالي ينتج عنه تغيرات خطيرة فى بروتينات الخلية.

- رغم أن هناك آلاف التغيرات التى تحدث لجزىء DNA كل يوم إلا أنه لا يستمر من هذه التغيرات فى الخلية سوى تغيرين أو ثلاثة كل عام وتكون لها صفة الدوام ... علل؟

لأن الغالبية العظمى من هذه التغيرات تزال بكفاءة عالية نتيجة نشاط مجموعة من الإنزيمات عددها (٢٠ إنزيم) تعمل فى تناغم على إصلاح عيوب DNA وهى **إنزيمات الربط DNA Ligases**، بينما الذى يستمر من هذه التغيرات فى الخلية يكون بسبب حدوث تلف فى شريطى DNA فى نفس الموقع وفى نفس الوقت.

### آلية إصلاح عيوب DNA:

تقوم إنزيمات الربط بالتعرف على المنطقة التالفة فى DNA ثم تقوم بإصلاحها وذلك باستبدال النيوكليوتيدة التالفة بنيوكليوتيدة جديدة تتزاوج مع تلك الموجودة بالشريط المقابل للجزء التالف، فيظل تركيب DNA ثابتًا عند انتقاله للأجيال التالية.

فسّر تلعب إنزيمات الربط دورًا هامًا فى الثبات الوراثى للكائنات الحية.

### الأساس العلمى لإصلاح عيوب DNA:

يعتمد إصلاح عيوب DNA على وجود نسختين من المعلومات الوراثية واحدة على كل شريط من شريطى اللولب المزدوج فلا بد من وجود شريط من الشريطين دون تلف لتستطيع إنزيمات الربط استخدامه كقالب لإصلاح التلف الموجود على الشريط المقابل، وبالتالي فكل تلف يمكن إصلاحه إلا إذا حدث هذا التلف فى الشريطين فى نفس الموقع ونفس الوقت.

فسّر يعتبر اللولب المزدوج لـDNA مثالا حيويًا للثبات الوراثى الكائنات الحية.
(أو) يرجع الثبات الوراثى للصفات إلى ازدواج جزىء DNA.

**ملحوظة**

يظهر فى بعض الفيروسات معدل مرتفع من التغير الوراثى (الطفرات) ... فسر؟
(أو) طفرات الفيروسات المحتوية على RNA أكثر من تلك المحتوية على DNA ... فسر؟
لأن المادة الوراثية لبعض الفيروسات توجد على هيئة شريط مفرد من RNA وبالتالي عند حدوث تلف لا يوجد شريط آخر يمكن استخدامه كقالب لإصلاح هذا التلف بواسطة إنزيمات الربط فيستمر مما يؤدى إلى حدوث معدل مرتفع من التغير الوراثى فى الصفات وبالتالي يزداد معدل الطفرات.



## أسئلة متنوعة:

١ اذكر مثالا لـ:

١ـ فيروس محتواه الجينى DNA= البكتيريوفاج.

٢ـ فيروس محتواه الجينى شريط مفرد من RNA= الإنفلونزا - شلل الأطفال - الإيدز.

٢ ماذا يحدث عند:

١ـ تعرض بعض الفيروسات لكمية من الإشعاع ؟

هناك احتمالان:

- إذا كانت الفيروسات محتواها الجينى DNA: تتلف بعض النيوكليوتيدات وإذا كان التلف على شريط واحد تنشط إنزيمات الربط لإصلاحه واستبدال النيوكليوتيدة التالفة بأخرى جديدة تتزاوج مع تلك الموجودة على الشريط المقابل للجزء التالف فلا تحدث طفرة، أما إذا كان التلف على الشريطين فى نفس الموقع ونفس الوقت لا يمكن إصلاحه فيستمر وتحدث طفرة.
- إذا كانت الفيروسات محتواها الجينى RNA: تتعرض النيوكليوتيدات للتلف ولا يمكن لإنزيمات الربط إصلاحه لعدم وجود شريط آخر يمكن استخدامه كقالب لإصلاح هذا التلف فيستمر مما يؤدى إلى تغير فى الصفات الوراثية وحدوث طفرة.

٢ـ اختفاء مجموعة من إنزيمات الربط من الخلايا الجسمية لشخص بالغ ؟

- يفقد جزىء DNA الموجود داخل هذه الخلايا قدرته على الانقسام والتضاعف؛ لأهمية هذه الإنزيمات فى ربط القطع الصغيرة التى كونتها إنزيمات البلمرة على الشريط القالب من DNA فى اتجاه (5´ ← 3´).
- لن يتم التعرف على النيوكليتيدات التالفة من جزىء DNA وبالتالي لن تستبدل النيوكليوتيدات التالفة بنيوكليوتيدات أخرى جديدة فلا يتم إصلاحها مما يؤدى إلى حدوث تغير فى المعلومات الوراثية وبالتالي حدوث تغيرات خطيرة فى بروتينات الخلية ينشأ عنها طفرة.

٣ أيهما أسهل فى علاجهما ولماذا ؟ أمراض الفيروسات التى محتواها الجينى DNA أم أمراض الفيروسات التى محتواها الجيني RNA ؟

أمراض الفيروسات التى محتواها الجينى DNA أسهل فى علاجها.

لأن الفيروسات التى محتواها الجينى RNA يكون معدل الطفرات فيها مرتفعًا جدًا فعند وجود تلف لا يوجد شريط آخر يمكن استخدامه كقالب لإصلاح هذا التلف وبالتالي يكون تركيبها متغيرًا باستمرار فيصعب اختيار الوسائل المناعية المناسبة للقضاء عليها، بينما الفيروسات التى محتواها الجينى DNA يكون تركيبها ثابتًا نسبيًا فعند حدوث تلف تنشط إنزيمات الربط لاستبدال النيوكليوتيدة التالفة بأخرى جديدة تتزاوج مع تلك الموجودة على الشريط المقابل للجزء التالف فيظل تركيبها ثابتًا ويسهل القضاء عليها وتدميرها.

٤ إذا كان تتابع القواعد النيتروجينية فى أحد شريطى DNA هو

(5´..... C – A – G – G – T – A – C – T – G ..... 3´)

١ـ ما الشريط الذى يتكامل معه لتكوين اللولب المزدوج ؟

(3´..... G – T – C – C – A – T – G – A – C ..... 5´)

٢ـ ما الدليل (أو الأدلة) الذى استندت عليه فى تحديد الشريط الذى ذكرته ؟

أـ شريطا جزىء DNA أحدهما فى وضع معاكس للآخر حيث يكون أحد الشريطين اتجاهه (5´ ← 3´) بينما يكون الشريط المقابل اتجاهه (3´ ← 5´) حتى تتكون الروابط الهيدروجينية بين القواعد النيتروجينية بشكل سليم

ب ـ القواعد المحددة بالتتابع المذكور بالشريط الآخر متزاوجة ومتكاملة مع قواعد الشريط الأصلى حيث ترتبط قواعد الأدينين (A) مع قواعد الثايمين (T) وقواعد الجوانين (G) مع قواعد السيتوزين (C).

## مقارنة هامة:

| الإنزيمات | أهميتها | طبيعة عملها |
| --- | --- | --- |
| إنزيم دى أوكسى ريبونيوكليز | يعمل على تحليل جزىء DNA تحليلا كاملا دون أن يؤثر على البروتينات أو RNA فعند معاملة المادة النشطة المنتقلة (DNA + بروتين) المسئولة عن التحول البكتيرى له توقفت عملية التحول البكتيرى نتيجة تحلل DNA وبالتالي تم إثبات أن DNA هو المادة الوراثية وليس بروتين. | كسر روابط التساهمية والهيدروجينية فى جزىء DNA حتى يصل لمستوى النيوكليوتيدة. |
| إنزيمات اللولب | - لها دور فى تضاعف DNA حيث تتحرك على امتداد اللولب المزدوج فتتكسر الروابط الهيدروجينية بين القواعد النيتروجينية المتزاوجة فينفصل الشريطان عن بعضهما ويعمل كل شريط كقالب لبناء شريط يتكامل معه عند تضاعف DNA. | كسر الروابط الهيدروجينية فقط بين القواعد المتزاوجة. |
| إنزيمات بلمرة DNA | - لها دور فى تضاعف DNA حيث تقوم ببناء أشرطة DNA جديدة وذلك بإضافة نيوكليوتيدات جديدة الواحدة بعد الأخرى من البداية (5´) إلى النهاية (3´) لشريط DNA جديد. | تكوين روابط تساهمية فى شريط DNA الجديد بين النيوكليوتيدات وبعضها. |
| إنزيمات الربط | ▪ لها دور فى تضاعف DNA حيث تقوم بربط قطع DNA الصغيرة التى سبق أن كونها إنزيم البلمرة على الشريط القالب من DNA فى اتجاه (5´ ⟵ 3´) أثناء بناء الشريط المكمل للشريط القالب المعاكس (5´ ⟵ 3´).<br>▪ لها دور فى إصلاح عيوب DNA حيث تقوم بالتعرف على المنطقة التالفة فى DNA ثم تقوم باستبدال النيوكليوتيدة التالفة بأخرى جديدة تتزاوج مع تلك الموجودة على الشريط المقابل للجزء التالف فيظل تركيب DNA ثابتًا عند انتقاله للأجيال التالية وبالتالي يكون لها دور فى الثبات الوراثى للكائنات الحية. | تكوين روابط تساهمية وهيدروجينية فى شريط DNA الجديد أو المعاد إصلاحه. |

الدرس 3

# تابع الحمض النووي DNA

## DNA فى أوليات النواة

**أوليات النواة**

كائنات حية لا تحاط فيها المادة الوراثية بغشاء نووي يفصلها عن السيتوبلازم مثل البكتيريا.



صورة DNA بالمجهر الإلكترونى فى أوليات النواة

### خصائص DNA فى بكتيريا إشيريشيا كولاى:

١. يوجد DNA على شكل لولب مزدوج تلتحم نهايتاه معًا.
٢. يصل طول DNA (بعد فرده إن أمكن) إلى ١,٤ مم، بينما يصل طول الخلية البكتيرية نفسها ٢ ميكرون.
٣. يلتف جزىء DNA حول نفسه عدة مرات ليحتل منطقة نووية تصل إلى حوالى ٠,١ من حجم الخلية.
٤. يتصل DNA بالغشاء البلازمى للخلية فى موقع أو أكثر.
٥. لا ينتظم فى صورة صبغيات.



**البلازميدات**

- **المفهوم:** جزيئات دائرية صغيرة من DNA لا تتعقد بوجود بروتين معها.
- **أماكن تواجدها:**
  - فى أوليات النواة، حيث تحتوى بعض الخلايا البكتيرية على واحدة أو أكثر.
  - لا توجد فى حقيقيات النواة ماعدا خلايا فطر الخميرة فقط.
- **أهميتها:** تستخدم على نطاق واسع فى الهندسة الوراثية، حيث تتضاعف البلازميدات فى نفس الوقت الذى تتضاعف فيه الخلايا البكتيرية لـDNA الرئيسى بها ويستغل العلماء هذا التضاعف بإدخال بلازميدات صناعية إلى داخل الخلايا البكتيرية بهدف الحصول على نسخ كثيرة من هذه البلازميدات.

## DNA فى حقيقيات النواة

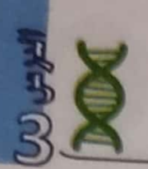
**حقيقيات النواة**

كائنات حية تحاط فيها المادة الوراثية بغشاء نووى يفصلها عن السيتوبلازم مثل الإنسان.

### خصائص DNA فى الإنسان:

١. ينتظم DNA فى صورة صبغيات.





- تحتوى كل خلية جسدية فى جسم الإنسان على ٤٦ صبغى.
- تظهر الصبغيات بوضوح داخل النواة أثناء انقسام الخلية.
- يدخل فى تركيب الصبغى جزىء واحد من DNA يمتد من أحد طرفيه إلى الطرف الأخر.
- يلتف جزىء DNA ويطوى عدة مرات ويرتبط بالعديد من البروتينات مكونًا الكروماتين **Chromatin**.

**الكروماتين**
جزىء واحد من DNA يلتف ويطوى عدة مرات مرتبطًا بالعديد من البروتينات ويحتوى عادةً على كميات متساوية من DNA والبروتين.

## ملحوظات

- جزيئات DNA التى توجد فى الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء (عضيات توجد فى سيتوبلازم حقيقيات النواة) تشبه جزيئات DNA التى توجد فى أوليات النواة من حيث شكلها الدائرى وعدم تعقدها بالبروتين.

  فسر يعتقد أن الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء نشأت كأوليات نواة متطفلة داخل خلايا حقيقيات النواة ثم استقرت بها بعد ذلك.

- توجد بلازميدات فى خلايا فطر الخميرة (من حقيقيات النواة).

## أجب عما يأتي:

1. **أين توجد جزيئات DNA فى خلايا حقيقيات النواة ؟**

توجد جزيئات DNA داخل النواة محاطة بغشاء نووي يفصلها عن السيتوبلازم بالإضافة إلى بعض العضيات الأخرى مثل الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء.

2. **فسر يعتبر فطر الخميرة حلقة الوصل بين أوليات النواة وحقيقيات النواة.**

لأن فطر الخميرة تكون فيه المادة الوراثية محاطة بغشاء نووي يفصلها عن السيتوبلازم كحقيقيات النواة وعلى الرغم من ذلك يوجد به بعض البلازميدات الدائرية غير المعقدة بالبروتين كأوليات النواة.

3. **ماذا يحدث عند: معاملة سيتوبلازم خلايا من فطر خميرة بإنزيم دى أوكسى ريبونيوكليز ؟**

لن يؤثر هذا الإنزيم على بروتينات السيتوبلازم أما إذا وجدت بعض البلازميدات فى السيتوبلازم فإنها ستتحلل؛ لأن هذا الإنزيم يعمل على تحليل DNA تحليلًا كاملًا دون أن يؤثر على البروتينات أو RNA فى السيتوبلازم.

4. **مزرعة بكتيريا بها ٥٠ خلية بكتيرية، احسب:**

١. عدد جزيئات DNA الموجودة بها.
٢. عدد الصبغيات الموجودة بها.
٣. عدد مجموعات الهيدروكسيل الطرفية الموجودة بها.

**:الحل:**

الخلايا البكتيرية من أوليات النواة؛ حيث لا ينتظم DNA فى صورة صبغيات ولكنه يكون على شكل لولب مزدوج تلتحم نهاياته مع بعضها البعض وبالتالي يكون:

١. عدد جزيئات DNA = عدد الخلايا البكتيرية = ٥٠ جزىء.
٢. عدد الصبغيات = صفر (لا يوجد).
٣. عدد مجموعات الهيدروكسيل الطرفية OH = صفر (لا يوجد).




## البروتينات التى تدخل فى تركيب الصبغى

- بروتينات هستونية
- بروتينات غير هستونية
  - بروتينات تركيبية
  - بروتينات تنظيمية

## مقارنة بين البروتينات الهيستونية والبروتينات غير الهيستونية:

| وجه المقارنة | البروتينات الهستونية | البروتينات غير الهستونية |
|---|---|---|
| التعريف | مجموعة محددة من البروتينات التركيبية الصغيرة توجد فى كروماتين الخلية بكميات ضخمة، وتحتوى على قدر كبير من الحمضين الأمينين القاعدين الأرجينين والليسين. | مجموعة غير متجانسة من البروتينات التركيبية والتنظيمية تدخل فى تركيب الكروماتين. |
| الوظيفة | ١ ترتبط بقوة بمجموعات الفوسفات السالبة الموجودة فى جزىء DNA ... علل؟ لأن مجموعة الألكيل الجانبية للحمضين الأمينين (الأرجينين والليسين) تحمل شحنات موجبة عند الأس الهيدروجينى (pH) العادى للخلية.<br>٢ مسئولة عن تقصير جزىء DNA عشر مرات عن طريق تكوين حلقات من النيوكليوسومات. | ١ **البروتينات التركيبية:** تلعب دورًا رئيسيًا فى التنظيم الفراغى لجزىء DNA داخل النواة كما أنها مسئولة عن تقصير جزىء DNA حوالى ١٠٠,٠٠٠ مرة عن طريق تكوين الكروماتين المكثف.<br>٢ **البروتينات التنظيمية:** تحدد ما إذا كانت شفرة DNA (DNA Code) ستستخدم فى بناء RNA والبروتينات والإنزيمات أم لا. |

## تكثيف DNA

**مقدمة:**

تحتوى الخلية الجسدية على ٤٦ صبغى، فإذا تصورنا أنه يمكن فك اللولب المزدوج لجزىء DNA فى كل صبغى ووضع هذه الجزيئات على امتداد بعضها البعض لوصل طولها ٢ متر لذا تقوم الهستونات وغيرها من البروتينات بمسئولية تكثيف (ضم) الجزيئات الطويلة لتقع فى حيز نواة الخلية التى يتراوح قطرها من ٢ : ٣ ميكرون.

**الوسائل التى ساعدت على معرفة كيفية تكثيف DNA:** التحليل البيوكيميائى وصور المجهر الإلكترونى.

**خطوات تكثيف DNA:**

١ يلتف جزىء DNA حول مجموعات من البروتينات الهستونية مكونًا حلقات من النيوكليوسومات، مما يؤدى إلى تقصير طول جزىء DNA عشر مرات ولكن لا بد أن يقصر DNA ١٠٠,٠٠٠ مرة حتى تستوعبه النواة.

٢ تلتف حلقات النيوكليوسومات مرة أخرى لتنضم مع بعضها البعض ولكن هذا أيضًا لا يكفى لتقصير جزىء DNA إلى الطول المطلوب.

> **النيوكليوسومات**
> حلقات فى الصبغى تتكون من التفاف جزىء DNA حول مجموعة من البروتينات الهستونية، وذلك لتقصير طول جزىء DNA عشر مرات.



٣ ترتب أشرطة النيوكليوسومات الملتفة بشدة على شكل حلقة كبيرة بواسطة البروتينات التركيبية غير الهستونية مكونة بذلك الكروماتين المكثف (الملتف والمكدس).



**خطوات تكثيف DNA في حقيقيات النواة**

## ملحوظات

- يتعين فك التفاف أو تكدس جزىء DNA قبل أن يعمل كقالب لبناء DNA أو RNA ... **علل؟**
لوجود بروتينات غير هستونية تركيبية تعمل على التفاف وتكدس جزىء DNA فى صورة كروماتين مكثف لا تصله الإنزيمات الخاصة لتضاعفه لذا يتعين فك هذا الالتفاف والتكدس على الأقل إلى شريط مفرد من النيوكليوسومات لضمان وصول إنزيمات التضاعف إليه.

- العلاقة بين البروتينات التركيبية وتكثيف DNA:
البروتينات التركيبية قد تكون:
١- هستونية:
• ترتبط بقوة بمجموعات الفوسفات السالبة الموجودة فى جزىء DNA، وذلك لأن مجموعة الألكيل الجانبية للحمضين الأمينين (الأرجين والليسين) تحمل شحنات موجبة عند الأس الهيدروجينى (pH) العادى للخلية.
• مسئولة عن تقصير جزىء DNA عشر مرت عن طريق تكون حلقات من النيوكلوسومات.
٢- غير هستونية: تلعب دورًا رئيسيًا فى التنظيم الفراغى لجزىء DNA داخل النواة كما أنها مسئولة عن تقصير جزىء DNA حوالى ١٠٠,٠٠٠ مرة عن طريق تكوين الكروماتين المكثف.
، وبالتالي تكثيف DNA حتى تستوعبه النواة.




# تركيب المحتوى الجينى

**المحتوى الجينى**

كل الجينات وبالتالي كل DNA الموجود في الخلية.

توصل الباحثون عام ١٩٧٧م إلى طريقة يمكن بها تحديد تتابعات النيوكليوتيدات في جزيئات DNA، RNA مما أدى إلى معرفة ترتيب الجينات داخل جزيئات DNA فى الخلية.

**أمثلة على الجينات:**

- تتابع النيوكليوتيدات المسئولة عن بناء المركبات البروتينية.
- تتابع النيوكليوتيدات التى ينسخ منها جزيئات RNA الريبوسومى (rRNA) (الذى يدخل فى بناء الريبوسومات).
- تتابع النيوكليوتيدات التى ينسخ منها جزيئات RNA الناقل (tRNA) (الذى يحمل الأحماض الأمينية أثناء بناء البروتين).

**مقارنة بين المحتوى الجينى فى أوليات النواة وحقيقيات النواة:**

| المحتوى الجينى فى أوليات النواة | المحتوى الجينى فى حقيقيات النواة |
|---|---|
| تمثل الجينات المسئولة عن بناء RNA والبروتينات معظم المحتوى الجينى. | أقل من ٧٠٪ من الجينات مسئولة عن بناء RNA والبروتينات وباقى الجينات غير معلومة الوظيفة. |

## DNA المتكرر

**DNA المتكرر**

تتابعات من النيوكليوتيدات توجد ضمن المحتوى الجينى للخلية تتكرر بصورة مستمرة ويوجد منها عدة نسخ بعضها له شفرة وبعضها الآخر ليس له شفرة.

توجد معظم جينات المحتوى الجينى فى الخلية بنسخة واحدة عادةً، إلا أن بعض التتابعات يوجد منها نسخ متكررة **مثل:**

١ الجينات الخاصة ببناء RNA الريبوسومى والهستونات التى تحتاجها الخلية بكميات كبيرة حيث وجد أن العديد من نسخ هذه الجينات تعمل على سرعة إنتاج الخلية للريبوسومات والهستونات، ولذلك يوجد منها مئات النسخ فى كل خلايا حقيقيات النواة.

٢ بعض تتابعات النيوكليوتيدات القصيرة (A – G – A – A – G) فى الدروسوفيلا (ذبابة الفاكهة) والذى يتكرر حوالى (١٠٠,٠٠٠ مرة) فى منتصف أحد الصبغيات وهذا التتابع وغيره من التتابعات لا يمثل أي شفرة (وظيفته غير معروفة).



ملحوظة

ليست هناك علاقة بين كمية DNA الموجودة فى المحتوى الجينى ومقدار تعقد الكائن الحى... **فسر؟**

(أو) لا تتوقف كمية البروتين على كمية DNA فى الخلايا ... **فسر؟**

حيث لاحظ العلماء حتى قبل دراسة تتابعات النيوكليوتيدات فى DNA أن كمية صغيرة فقط من DNA فى كل من النبات والحيوان هي التى تحمل شـفرة بناء البروتينات فمثلا حيوان السـلمندر يوجد به أكبر محتوى جينى حيث تحتوى خلاياه على كمية DNA تعادل ٣٠ مرة قدر كمية DNA الموجودة فى الخلايا البشرية ومع ذلك تنتج خلاياه كمية أقل من البروتين وذلك لوجود كمية كبيرة من DNA به لا تمثل شفرة.

ماذا يحدث عند:

١ تناقص عدد الجينات المسئولة عن إنتاج البروتينات الهستونية فى الخلية ؟

يقل معدل إنتاج البروتينات الهستونية مما يؤثر على تكثيف DNA إلى نيوكليوسومات.

٢ غياب الحبيبات الطرفية الموجودة عند أطراف بعض الصبغيات ؟

قد تفقد الصبغيات قدرتها على الاحتفاظ بتركيبها.

## أرقام لها مدلول بيولوجى

**أولا: بالنسبة لبكتيريا إيشرشيا كولاى.**

- طول جزىء DNA فى بكتيريا إيشرشيا كولاى إن أمكن فرده حوالى ١,٤ مم.
- طول الخلية البكتيرية نفسها يصل إلى حوالى ٢ ميكرون.
- طول المنطقة النووية فى بكتيريا إيشرشيا كولاى = ٠,١ من حجم الخلية البكتيرية.

**ثانيا: بالنسبة للإنسان:**

- طول جزىء DNA فى الخلايا الجسـدية للإنسـان إذا تم فك اللولب المزدوج ووضـع جزيئاته على امتداد بعضها البعضحوالى ٢ متر.
- طول جزىء DNA فى حيوان منوى واحد إذا تم فك اللولب المزدوج ووضع جزيئاته على امتداد بعضـها البعض حوالى ١ متر.
- قطر نواة الخلية فى الإنسان يتراوح بين (٢ : ٣) ميكرون.

**ثالثا: بالنسبة لحيوان السلمندر.**

- عدد جزيئات DNA فى الخلايا الجسدية لحيوان السلمندر = ٣٠ × ٤٦ = ١٣٨٠ جزىء.
- طول جزيئات DNA فى الخلية الجسدية الواحدة لحيوان السلمندر إذا تم فك اللولب المزدوج ووضع جزيئاته على امتداد بعضها البعض= ٦٠ متر.
- طول جزيئات DNA فى حيوان منوى واحد لحيوان السلمندر إذا تم فك اللولب المزدوج ووضع جزيئاته على امتداد بعضها البعض= حوالى ٣٠ متر.







## تصنيف الطفرات

### ١ تبعًا لتوارثها

١ **طفرة حقيقية:** تتوارث على مدى الأجيال المتتالية وتظهر فى النسل مثل سلالة أنكن.

٢ **طفرة غير حقيقية:** لا تتوارث على مدى الأجيال المتتالية ولا تظهر فى النسل مثل كلاينفلتر.

### ٢ تبعًا لأهميتها

| طفرات مرغوب فيها | طفرات غير مرغوب فيها |
|---|---|
| - نادرة الحدوث لذلك يحاول الإنسان استحداثها بالطرق العلمية المختلفة ليستفيد منها.<br>- من أمثلتها:<br>▪ الطفرة التى حدثت فى قطيع أغنام كان يمتلكه فلاح أمريكى حيث لاحظ ظهور خروف فى قطيعه له أرجل قصيرة ومقوسة واعتبرها الفلاح صفة نافعة حيث لم يستطع الخروف تسلق سور الحظيرة وإتلاف النباتات المزروعة فاهتم بها حتى نشأت عنها سلالة كاملة تعرف باسم «أنكن **Ancon**».<br>▪ الطفرات التى يستحدثها الإنسان لزيادة المحاصيل الزراعية. | - تمثل أغب الطفرات.<br>- من أمثلتها:<br>▪ بعض التشوهات الخلقية فى الإنسان.<br>▪ العقم فى النباتات والذى يصاحبه نقص فى إنتاج المحصول. |

## ٣ تبعًا لمكان حدوثها

| طفرات مشيجية | طفرات جسمية |
|---|---|
| - تحدث غالبًا فى الخلايا التناسلية (الأمشاج).<br>- تظهر كصفات جديدة على الجنين الناتج.<br>- تتم فى الكائنات الحية التى تتكاثر تزاوجيًا.<br>- تورث غالبًا.<br>- معظمها طفرات حقيقية. | - تحدث فى الخلايا الجسدية (الجسمية).<br>- تظهر كأعراض مفاجئة بالعضو الذى تحدث بخلاياه.<br>- أكثر شيوعًا فى النباتات التى تتكاثر خضريًا حيث ينشأ فرع جديد من النبات العادى يحمل صفات مختلفة عن النبات الأم، ويمكن فصل هذا الفرع وإكثاره خضريًا إذا كانت الصفة الجديدة مرغوب فيها.<br>- لا تورث غالبًا إلا فقط فى النباتات التى لها القدرة على التكاثر الخضرى.<br>- معظمها طفرات غير حقيقية. |

## ٤ تبعًا لنوعها

### ١ طفرات جينية:

**سبب حدوثها:** تغير كيميائى فى تركيب الجين خاصة نتيجة تغيير ترتيب القواعد النيتروجينية فى جزىء DNA.

**التأثير:**

- يؤدى إلى تكوين بروتين مختلف يعمل على ظهور صفة جديدة.
- قد يصاحب التغير فى التركيب الكيميائى للجين تحوله من جين سائد إلى جين متنحى وقد يحدث العكس فى حالات نادرة.

### ٢ طفرات صبغية:

**تحدث الطفرات الصبغية نتيجة تغير في:**

**عدد صبغيات كما في:**

- زيادة صبغى جنسى (X) واحد أو أكثر فى الأمشاج بعد الانقسام الميوزى كما فى حالة الكلاينفلتر.
- نقص صبغى جنسى واحد (X) فى الأمشاج بعد الانقسام الميوزى كما فى حالة تيرنر.
- تضاعف عدد الصبغيات.

**تركيب الصبغيات بسبب:**

- انفصال قطعة من الصبغى أثناء الانقسام والتفافها حول نفسها بمقدار ١٨٠ درجة والتحامها فى الوضع المقلوب على نفس الصبغى.
- تبادل أجزاء من صبغيات غير متماثلة.
- زيادة أو نقص جزء صغير من الصبغى.

### التضاعف الصبغى Polyploidy

**أسباب حدوثه:**

1. عدم انفصال الكروماتيدات بعد انقسام السنترومير.
2. عدم تكون الغشاء الفاصل بين الخليتين البنويتين.



**شيوعه**: أكثر شيوعًا فى عالم النبات وأقل شيوعًا فى عالم الحيوان.

| وجه المقارنة | التضاعف الصبغى فى عالم النبات | التضاعف الصبغى فى عالم الحيوان |
| --- | --- | --- |
| الانتشار | أكثر شيوعًا؛ لأن نسبة كبيرة من النباتات المعروفة تكون (٣ن - ٤ن - ٦ن - ٨ن حتى ١٦ن) وذلك عندما تتضاعف الصبغيات فى الأمشاج. | أقل شيوعًا؛ لأن تحديد الجنس فى الحيوان يتطلب توازن دقيق بين عدد كل من الصبغيات الجسدية والجنسية. |
| التأثير | ينتج عنه أفراد ذات صفات جديدة، ويرجع ذلك إلى أن كل جين يكون ممثل بعدد أكبر فيكون تأثيره أكثر وضوحًا فيكون النبات أكثر طولا وتكون أعضاؤه أكبر حجمًا وبخاصة الأزهار والثمار. | فى الإنسان يكون التضاعف الثلاثى مميت ويسبب إجهاضًا للأجنة ومع ذلك يوجد تضاعف صبغى فى بعض خلايا الكبد والبنكرياس. |
| أمثلة | كثير من المحاصيل والفواكه مثل (القطن، القمح، العنب، الفراولة، الكمثرى، التفاح) ذات التعدد الرباعى (٤ن). | يقتصر وجوده على بعض الأنواع الخنثى من القواقع والديدان التى لا يوجد لديها مشكلة فى تحديد الجنس. |

## ٥ تبعًا لمنشأها

| وجه المقارنة | الطفرة التلقائية | الطفرة المستحدثة |
| --- | --- | --- |
| المفهوم | طفرة تحدث دون تدخل الإنسان وهى نادرة الحدوث فى جميع الكائنات الحية. | طفرة تحدث بتدخل الإنسان للحصول على طفرات مرغوبة فى كائنات معينة وهى أكثر شيوعًا من التلقائية. |
| سبب الحدوث | تحدث بسبب تأثيرات البيئة المحيطة بالكائن الحى، مثل:<br>الأشعة فوق البنفسجية، الأشعة الكونية، بعض المركبات الكيميائية. | يستحدثها الإنسان عن طريق:<br>• **عوامل طبيعية** مثل: أشعة إكس، أشعة جاما، الأشعة فوق البنفسجية.<br>• **مواد كيميائية** مثل: غاز الخردل، مادة الكولشيسين، حامض النيتروز.<br>فعند معالجة النبات بهذه المواد تضمر خلايا القمة النامية للنبات وتموت ليتجدد تحتها أنسجة جديدة تحتوى خلاياها على عدد مضاعف من الصبغيات. |
| الأهمية | تلعب دورًا هامًا فى عملية تطور الأحياء. | أغلبها يحمل صفات غير مرغوب فيها غير أن الإنسان ينتقى منها ما هو نافع. |
| مثال | الطفرة التى أدت إلى ظهور سلالة أنكن من الأغنام ذات الأرجل القصيرة والمقوسة والتي لا تستطيع تسلق سور الحظيرة لإتلاف النباتات المزروعة. | ١- الحصول على أشجار فواكه ذات ثمار كبيرة الحجم، حلوة المذاق، خالية من البذور.<br>٢- إنتاج كميات كبيرة من المضادات الحيوية من كائنات دقيقة مثل (البنسلين من فطر البنسليوم). |

## ملحوظة

- التغير فى ترتيب القواعد النيتروجينية فى جزىء DNA ينشأ عنه: طفرة جينية.
- التغير فى ترتيب الجينات على نفس الصبغى ينشأ عنه: طفرة صبغية نتيجة تغير فى تركيب الصبغيات.
- انعزال الجينات أثناء الانقسام الميوزى وإعادة اتحادها فى عملية العبور يمثل تغير فى تركيب الصبغيات ومع ذلك لا يعتبر طفرة لأنه يتم بين صبغيات متماثلة.

## ماذا يحدث عند:

١ عدم انفصال الصبغيات أثناء الانقسام الميتوزى للخلايا النباتية ؟
يحدث تضاعف صبغى فيكون كل جين ممثلا بعدد أكبر فتكون الصفة أكثر وضوحًا فيكون هذا النبات أكثر طولا وتكون أعضاؤه أكبر حجمًا خاصة الأزهار والثمار.

٢ انفصال قطعة من الصبغى أثناء انقسام الخلية والتفافها حـــول نفسها بمقدار ١٨٠ درجة وإعادة التحامها فى الوضع المقلوب فى نفس الصبغى ؟
تحدث طفرة صبغية نتيجة تغير فى تركيب الصبغى، بسبب تغير ترتيب الجينات على نفس الصبغى.

٣ انفصال قطعة من الصبغى أثناء انقسام الخلية والتفافها حـــول نفسها بمقدار ٣٦٠ درجة وإعادة التحامها مع الصبغى مرة أخرى ؟
لن تحدث طفرة صبغية وبالتالي لن يحدث أي تغير فى الصفات الوراثية التى يحملها الصبغى؛ بسبب عدم وجود تغير فى ترتيب الجينات على نفس الصبغى.

٤ معالجة القمة النامية لنبات ما بغاز الخردل أو حمض النيتروز أو مادة الكوليشين ؟
تضمر خلايا القمة النامية للنبات وتموت ليتجدد تحتها أنسجة جديدة تحتوى خلاياها على عدد مضاعف من الصبغيات.

٥ تعرض امرأة حامل لكمية من الإشعاع ؟
تحدث طفرات جســمية لدى الأم تظهر كأعرض مفاجئة على العضـــو الذى تحدث بخلاياه، وإذا كانت شـــدة الإشعاع عالية يتأثر الجنين وتحدث به طفرات تظهر كتشوهات خلقية وقد تؤدى إلى موته.

## أعط تفسيرًا علميًا لما يأتي:

١ التضاعف الصبغى فى النباتات ينتج عنه أفراد ذات صفات جديدة.
لأن كل جين يكون ممثلا بعدد أكبر فيكون تأثيره أكثر وضوحًا فيكون النبات أكثر طولا وتكون أعضاؤه أكبر حجمًا خاصة الأزهار والثمار.

٢ قد يحدث التضاعف الصبغى طبيعيًا أو صناعيًا.
- يحدث طبيعيًا نتيجة عدم انفصال الكروماتيدات عن بعضها بعد انقسام السنترومير أو عدم تكون الغشاء الفاصل بين الخليتين البنويتين كما فى معظم النباتات.
- يحدث صناعيًا نتيجة تدخل الإنسان للحصول على صفات مرغوبة فى كائنات معينة وذلك باستخدام:
  - **عوامل طبيعية** مثل: أشعة إكس، أشعة جاما، الأشعة فوق البنفسجية.
  - **مواد كيميائية** مثل: غاز الخردل، مادة الكوليشسين، حامض النيتروز فعند معالجة النباتات بهذه المواد تضمر القمة النامية ليتجدد تحتها أنسجة تحتوى خلاياها على عدد مضاعف من الصبغيات.

## أجب عما يأتي:

١ صف الصورة الموجودة فى الشكل المقابل مع تفسير إجابتك.

تعبر الصورة عن: ثمرة بطيخ خالية من البذور.

التفسير: قد يكون ذلك نتيجة:

- إثمار عذرى صناعى: عن طريق رش مياسم الأزهار بخلاصة حبوب اللقاح (حبوب لقاح مطحونة فى إثير كحولى) أو استخدام أندول أو نافثول حمض الخليك لتنبيه المبيض لتكوين ثمار بدون بذور.
- طفرة مستحدثة: عن طريق استخدام بعض العوامل الطبيعية (أشعة إكس - أشعة جاما - أشعة فوق بنفسجية) أو العومل الكيميائية (غاز الخردل - مادة الكوليشسين - حامض النيتروز) ومعالجة القمم النامية للنبات بها للحصول على أشجار فواكه ذات ثمار كبيرة الحجم حلوة المذاق وخالية من البذور.

٢ كيف يمكن الحصول على (تفاح - فراولة - جوافة - خوخ - طماطم) أربع أضعاف حجمها الطبيعى ؟

عن طريق الطفرة المستحدثة باستخدام بعض العوامل الطبيعية (أشعة إكس - أشعة جاما - أشعة فوق بنفسجية) أو المواد الكيميائية (غاز الخردل - مادة الكوليشسين - حامض النيتروز) ومعالجة القمم النامية للنبات بها للحصول على أشجار فواكه ذات ثمار كبيرة الحجم حلوة المذاق وخالية من البذور.

## اذكر مثالاً لـ:

١ طفرة حقيقة درستها فى البكتيريا.

تحول سلالة البكتيريا R غير المميتة إلى سلالة البكتيريا S المميتة فى تجارب التحول البكتيرى لجريفث نتيجة انتقال المادة الوراثية إليها وظهرت فى الأجيال التالية.

٢ طفرة حقيقية درستها فى الفطريات.

الطفرة المستحدثة التى يستحدثها الإنسان للحصول على كميات كبيرة من المضادات الحيوية مثل البنسلين من فطر البنسليوم.

٣ طفرة مشيجية حقيقية.

سلالة أنكن من الأغنام ذات الأرجل القصيرة المقوسة والتي لا تستطيع تسلق سور الحظيرة وإتلاف النباتات المزروعة وقد انتقلت الصفة للأجيال المتتالية.

٤ طفرة مشيجية غير حقيقية.

ذكر كلاينفلتر وأنثى تيرنر؛ لأن كل منهما عقيم فلا تنتقل الصفة للأجيال المتتالية.




١ أي من الأشكال البيانية التالية تعبر عن التركيب الجزيئي للمادة الوراثية في نواة الحيوان المنوي لذكر الإنسان البالغ ؟

النسبة المئوية — القواعد النيتروجينية

(أ) A C U G
(ب) A C U G
(ج) A C T G
(د) A C T G

٢ أي من الأشكال البيانية التالية تعبر عن التركيب الجزيئي للمادة الوراثية لفيروس شلل الأطفال؟

النسبة المئوية — القواعد النيتروجينية

4: A C U G
3: A C U G
2: A C T G
1: A C T G

(أ) الشكل 1 ، 2
(ب) الشكل 2 ، 3
(ج) الشكل 3 ، 4
(د) الشكل 4 فقط

٣ تختلف نيوكليوتيدة الأدنين في جزئ DNA عن نيوكليوتيدة الأدنين في جزئ RNA في عدد ..........
(أ) ذرات الكربون (ب) مجموعة الفوسفات (ج) ذرات الهيدروجين (د) ذرات الأكسجين

٤ في تجربة معملية تم عزل خلية حية من ورقة نبات الفول ووضعها في وسط غذائي يحتوي علي عنصر النيتروجين المشع N15.
أي من **التراكيب التالية** لا تحتوي علي النيتروجين المشع بعد فترة زمنية ؟
(أ) الكانافنين (ب) الريبوسوم (ج) الجدار الخلوي (د) الكروماتين

٥ عدد مجموعات الهيدروكسيل الطرفية الموجودة في التركيب الوراثي لمزرعة بكتيريا بها ٥٠ خلية بكتيرية يساوي ..........
(أ) ٢٥ (ب) ٥٠ (ج) ١٠٠ (د) صفر

٦ قاعدة بيورينية تدخل في تكوين عملة الطاقة داخل خلايا الجسم ..........
(أ) الجوانين (ب) الثايمين (ج) الأدنين (د) السيتوزين

١-ج ٢-ج ٣-ج ٤-د ٥-د ٦-ج

٧ أمامك أنبوبتي اختبار تحتوي كل منهما علي كمية متساوية من الخلايا الليمفاوية البائية تم عزلها من عينة دم إنسان سليم ثم معاملة إحداهما (١) بإنزيم دى أكسي ريبونيوكليز لفترة زمنية ثم أضيفت إلي كل منهما بعض أنواع البكتيريا في وسط ملائم للنمو.

(١) (٢)

**في ضوء ذلك أجب:**

١- في أي الأنبوبتين يلاحظ تعكر الوسط مع التفسير؟

٢- اذكر اسم البروتين التنظيمي المكون للأجسام المضادة.

٣- حدد نوع الروابط التي يؤثر عليها بإنزيم دى أكسي ريبونيوكليز.

٤- حدد نوع الروابط المسئولة عن تنوع الأجسام المضادة.

**-:الإجابة:-**

١- يتعكر الوسط في الأنبوبة (١)؛ بسبب نجاح البكتيريا المضافة للوسط في اتمام عملية التكاثر وزيادة أعدادها مكونة مستعمرات بكتيرية تعكر الوسط نتيجة فشل الخلايا البائية في انتاج الأجسام المضادة بعد تحلل أنويتها بإنزيم دى أكسي ريبونيوكليز.

٢- الجلوبيولين.

٣- تساهمية وهيدروجينية.

٤- الهيدروجينية.

# RNA وتخليق البروتين

يوجد داخل أجسام الكائنات الحية آلاف الأنواع من البروتينات التي يمكن تقسيمها إلى نوعين رئيسين هما:

١ البروتينات التركيبية Structural Proteins.

٢ البروتينات التنظيمية Regulatory Proteins.

| وجه المقارنة | البروتينات التركيبية | البروتينات التنظيمية |
|---|---|---|
| الأهمية | تدخل فى تراكيب محددة فى الكائن الحى. | تنظم العديد من العمليات والأنشطة الحيوية فى الجسم. |
| الأمثلة | ▪ **الأكتين والميوسين:** اللذان يدخلان فى تركيب العضلات وغيرها من أعضاء الحركة.<br>▪ **الكولاجين:** الذى يدخل فى تركيب بعض الأنسجة الضامة، مثل:<br>- الأربطة كـ الأربطة الصليبية.<br>- الأوتار كـ وتر أخيل.<br>- الغشاء الذى يحيط بالغدة الدرقية.<br>▪ **الكيراتين:** الذى يُكون الأغطية الواقية مثل الجلد، الشعر، الحوافر، القرون، الريش وغيرها. | ▪ **الإنزيمات:** التي تنشط التفاعلات الكيميائية فى الكائنات الحية وتزيد من سرعتها.<br>▪ **الأجسام المضادة:** التي تكسب الجسم المناعة ضد الأجسام الغريبة.<br>▪ **الهرمونات وغير ذلك من المواد:** التى تمكن الجسم من الاستجابة للتغيرات المستمرة فى بيئته الداخلية والخارجية. |

- قارن بين العضلة التوأمية ووتر أخيل من حيث التركيب الكيميائى.
- اكتب المصطلح العلمى: بروتين تنظيمى مناعى.

## البروتينات

**مقدمة:**

يوجد خطة مشتركة لبناء آلاف الأنواع من البروتينات داخل الأنظمة الحية (أجسام الكائنات الحية).

**تركيب البروتينات:**

يدخل فى تركيب البروتينات ٢٠ نوع من الأحماض الأمينية التي لها تركيب أساسى واحد حيث ترتبط الأحماض الأمينية ببعضها البعض بروابط ببتيدية فى وجود إنزيمات خاصة فى تفاعل نازع للماء لتكوين بوليمر عديد الببتيد الذى يكون البروتين.



تكاثف الأحماض الأمينية

## أسباب اختلاف البروتينات عن بعضها البعض:

1. اختلاف أعداد وأنواع وترتيب الأحماض الأمينية فى البوليمرات (عديدات الببتيد).
2. عدد البوليمرات التي تدخل فى بناء البروتين.
3. الروابط الهيدروجينية الضعيفة التي قد تعطى الجزيء شكله المميز.

## تركيب الحمض الأمينى

$$\begin{array}{c} H \\ | \\ R-C-COOH \\ | \\ NH_2 \end{array}$$

-تركيب الحمض الأمينى-

تتصل ذرة الكربون الأولى فى الحمض الأمينى بـ:

- مجموعة كربوكسيل(COOH).
- مجموعة أمين ($NH_2$).
- ذرة هيدروجين (H).
- مجموعة ألكيل(R) تختلف من حمض أمينى لأخر. (توجد فى ١٩ حمض أمينى فقط)

### ملحوظات

$$\begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-COOH \\ | \\ NH_2 \end{array}$$

الجلايسين

- الحمض الأمينى (الجلايسين) هو الحمض الأمينى الوحيد الذى يحتوى علي ذرة هيدروجين بدلا من مجموعة الألكيل.
- عدد الأحماض الأمينية فى الطبيعة أكثر من ٢٠ حمضًا بينما الأحماض الأمينية التي تدخل فى تركيب البروتينات ٢٠ حمضًا أمينيًا فقط ... فسر؟
حيث توجد أحماض أمينية غير بروتينية مثل الكانافنين والسيفالوسبورين التي تعمل كمواد واقية للنبات حيث تشمل مركبات كيميائية سامة للكائنات الممرضة.
- البروتينات ← يرجع اختلافها عن بعضها إلى اختلاف ← الأحماض الأمينية ← يرجع اختلافها عن بعضها إلى اختلاف ← مجموعة الألكيل

**والسؤال الآن:** ما الأدوات اللازمة لتخليق بروتين معين سواء تركيبى أو تنظيمى ؟

**والإجابة :** نحتاج: ١ـ أحماض أمينية.

٢ـ أحماض نووية ريبوزية (rRNA – tRNA - mRNA).

وقد تعرفنا على الأحماض الأمينية بشيء من التفصيل والآن تعالوا معًا لنتعرف على الأحماض النووية وكيفية الحصول عليها.

**والسؤال الذى يطرح نفسه الآن:** ما الفرق بين DNA وRNA وهل يوجد شبه بينهما ؟

| DNA | RNA |
|---|---|
| **أوجه الشبه** | |
| (١) يتكون كل منهما من سلسلة طويلة غير متفرعة من وحدات بنائية من النيوكليوتيدات. | |
| (٢) تتكون كل نيوكليوتيدة من: سكر خماسى - قاعدة نيتروجينية - مجموعة فوسفات. | |
| (٣) ترتبط مجموعة الفوسفات بذرة الكربون رقم (5) فى جزيء إحدى النيوكليوتيدات وبذرة الكربون رقم (3) فى جزيء سكر النيوكليوتيدة السابقة لتكون هيكل سكر فوسفات. | |
| **أوجه الاختلاف** | |

| DNA | RNA |
|---|---|
| **(١) نوع السكر الخماسى** | |
| سكر الديوكسى ريبوز (سكر ينقصه ذرة أكسجين عن سكر الريبوز). | سكر الريبوز. |
| **(٢) القواعد النيتروجينية** | |
| البيورينات: (أدينين A - جوانين G).<br>البيريميدينات: (ثايمين T - سيتوزين C). | البيورينات: (أدينين A - جوانين G).<br>البيريميدينات: (يوراسيل U - سيتوزين C). |
| **(٣) عدد الأشرطة** | |
| لولب مزدوج (شريطين متكاملين) من النيوكليوتيدات. | شريط مفرد من النيوكليوتيدات (الريبونيوكليوتيدات)، ولكنه قد يكون مزدوج فى بعض أجزائه كما فى tRNA. |
| **(٤) مكان وجوده** | |
| يوجد داخل النواة. | ينسخ من DNA داخل النواة ثم ينتقل إلى السيتوبلازم. |
| **(٥) الثبات** | |
| ثابت بشكل واضح فى الخلية (لا يتحلل). | يتم هدمه وإعادة بنائه باستمرار. |
| **(٦) الأنواع** | |
| نوع واحد فقط. | ثلاثة أنواع أساسية تساهم فى بناء البروتين (الرسول«mRNA»، الريبوسومى«rRNA»، الناقل«tRNA») |
| **(٧) تأثير إنزيم دى أوكسى ريبونيوكليز** | |
| يحلل DNA تحليلا كاملا. | لا يؤثر على RNA. |
| **(٨) الأهمية** | |
| يحمل المعلومات الوراثية. | تشترك أنواعه الثلاثة فى عملية تخليق البروتين. |

**فكرة**

الجدول التالى يوضح نسب القواعد النيتروجينية فى بعض الأحماض النووية، أجب عما يلى:

١- ما نسب القواعد النيتروجينية فى كل من (س، ص) ؟

٢- ما نوع وطبيعة الحمض النووى فى العينات الثلاث ولماذا ؟

| العينة | أدينين | جوانين | ثايمين | سيتوزين | يوراسيل |
|---|---|---|---|---|---|
| ١ | ٣٥٪ | ١٥٪ | ٣٥٪ | س٪ | صفر |
| ٢ | ص | ٤٠٪ | ١٥٪ | ٤٠٪ | صفر |
| ٣ | ٣٠٪ | ٣٥٪ | صفر | ١٥٪ | ٢٠٪ |

١- س= ١٠٠ - (٣٥ + ١٥ + ٣٥) = ١٥٪ ، ص= ١٠٠ - (٤٠ + ١٥ + ٤٠) = ٥٪

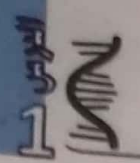
٢- • العينة (١) DNA؛ بسبب وجود قاعدة الثايمين.

، كما أنها عبارة عن لولب مزدوج بسبب تساوى الأدنين مع الثايمين والجوانين مع السيتوزين.

• العينة (٢) DNA؛ بسبب وجود قاعدة الثايمين.

، كما أنها عبارة عن شريط مفرد بسبب عدم تساوى الأدنين مع الثايمين.

• العينة (٣) شريط مفرد من RNA؛ بسبب وجود قاعدة اليوراسيل بدلا من قاعدة الثايمين.



## أنواع الأحماض النووية الريبوزية (RNAs)

1. حمض RNA الرسول mRNA.
2. حمض RNA الريبوسومى r-RNA.
3. حمض RNA الناقل t-RNA.

### أ حمض RNA الرسول (mRNA)

**الوظيفة:**
نقل الشفرة الوراثية من DNA فى النواة إلى الريبوسومات فى السيتوبلازم حيث تتم ترجمته إلى أحماض أمينية تدخل فى تكوين البروتين.

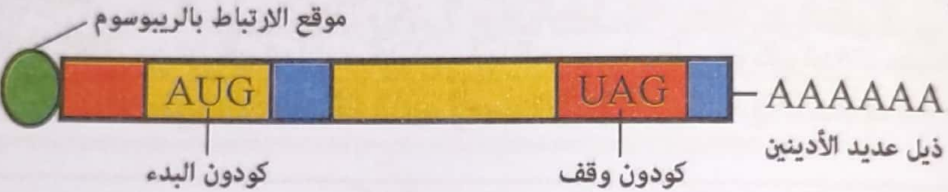
**كيفية نسخ mRNA من DNA:**

1. ينسخ mRNA من أحد شريطى DNA بارتباط إنزيم بلمرة RNA (RNA-polymerase) بتتابع النيوكليوتيدات على DNA يسمى **المحفز**.

> **المحفز**
> تتابع للنيوكليوتيدات على DNA يوجه إنزيم بلمرة mRNA إلى الشريط الذى سينسخ منه mRNA.

2. ينفصل شريطا DNA عن بعضهما البعض حيث يعمل أحدهما كقالب لبناء mRNA ويكون القالب فى اتجاه (3´ ← 5´) فيقوم الإنزيم ببناء mRNA فى اتجاه (5´ ← 3´).
3. يتحرك الإنزيم على امتداد جزىء DNA حيث يتم ربط الريبونيوكليوتيدات المتكاملة إلى شريط mRNA النامى واحدًا بعد الآخر.

**التركيب:**




يتركب جزىء mRNA من ٤ أجزاء أساسية:

| المكون | مكان الوجود | الوظيفة |
|---|---|---|
| موقع الارتباط بالريبوسوم | بداية جزىء mRNA. | تتابع من النيوكليوتيدات يرتبط بالريبوسوم حيث يصبح أول كودون (كودون البدء) AUG متجهًا لأعلى وهو الوضع الصحيح للترجمة. |
| كودون البدء AUG | بداية جزىء mRNA. | يعطى إشارة لبداية تكوين عديد الببتيد، ويمثل شفرة حمض الميثيونين . |
| كودون الوقف ويكون واحد من ثلاثة (UAA ،UAG ،UGA) | نهاية جزىء mRNA. | تعطى إشارة عند النقطة التي يجب أن تقف عندها آلية بناء البروتين حيث يرتبط بأي منهم بروتين عامل الإطلاق لينتهى بناء سلسلة عديد الببتيد. |
| ذيل عديد الأدنين (يتكون من حوالى ٢٠٠ أدينوزين) | نهاية جزىء mRNA. | حماية mRNA من التحلل بواسطة الإنزيمات الموجودة فى السيتوبلازم. |



ملحوظة

لا تتم ترجمة ذيل عديد الأدينين فى جزىء mRNA إلى بروتين ... علل ؟

- لأنه لا يمثل شفرة حيث يعمل فقط على حماية mRNA من التحلل بواسطة الإنزيمات الموجودة فى السيتوبلازم.
- لأنه يسبقه كودون وقف يعمل على إيقاف عملية تخليق البروتين.

## مقارنة بين تضاعف DNA ونسخ RNA:

| تضاعف DNA | نسخ حمض RNA الرسول (mRNA) |
|---|---|
| - لا تقف عملية تضاعف DNA إلا بعد نسخ كل DNA الموجود فى الخلية. | - نسخ RNA الرسول يتم من خلال نسخ جزء فقط من DNA الذى يحمل الجين. |
| - يستخدم فى هذه العملية إنزيم بلمرة DNA وإنزيم اللولب وإنزيمات الربط. | - يستخدم فى هذه العملية إنزيم بلمرة RNA ولا تحتاج إنزيمات الربط. |
| - يعمل كل من شريطى DNA كقالب لبناء شريط آخر يتكامل معه. | - أحد أشرطة DNA فقط والذى يكون فى الاتجاه ($3' \rightarrow 5'$) يعمل كقالب لبناء mRNA. |
| - تتم هذه العملية قبل أن تبدأ الخلية فى الانقسام. | - تتم هذه العملية باستمرار ولا ترتبط بانقسام الخلية. |
| - المحصلة النهائية لهذه العملية ٢ جزىء DNA كاملين. | - المحصلة النهائية لهذه العملية شريط مفرد من mRNA يحمل شفرات الأحماض الأمينية. |

ملحوظة

يمكن نظريًا نسخ mRAN من أى من شريطى DNA ولكن لا يمكن تحقيق ذلك عمليًا ... فسر ؟

حيث إن كل شريط DNA يتكون من نيوكليوتيدات يمكن نسخها للحصول على نيوكليوتيدات جديدة تتكامل معها ولكن ما يحدث عمليًا هو أن نسخ RNA يتم من خلال شريط واحد فقط من DNA والذى يبدأ بالمحفز وهو الشريط ($3' \rightarrow 5'$).

## مقارنة بين نسخ وترجمة mRNA فى أوليات النواة وحقيقيات النواة:

| نسخ وترجمة mRNA فى أوليات النواة | نسخ وترجمة mRNA فى حقيقيات النواة |
|---|---|
| - يوجد إنزيم بلمرة واحد ينسخ أنواع حمض RNA الثلاثة. | - يوجد إنزيم بلمرة RNA خاص لنسخ كل نوع من أنواع حمض RNA الثلاثة. |
| - يتم ترجمة mRNA إلى البروتين المقابل بمجرد بنائه من DNA حيث ترتبط الريبوسومات ببداية mRNA وتبدأ فى ترجمته إلى بروتين، بينما يكون الطرف الآخر لجزىء mRNA ما زال فى مرحلة البناء على DNA القالب. | - لا يتم ترجمة mRNA إلى البروتين المقابل إلا بعد الانتهاء من بناء mRNA كاملا فى النواة وانتقاله إلى السيتوبلازم من خلال ثقوب الغشاء النووى. |

ملحوظات

- عدد الجينات = عدد المحفزات؛ لأن لكل جين محفز على DNA.

## تابع الملحوظات

- إنزيمات البلمرة فى خلايا أوليات النواة:
  ١- إنزيم بلمرة DNA. ٢- إنزيم بلمرة RNA.
- إنزيمات البلمرة فى خلايا حقيقيات النواة:
  ١- إنزيم بلمرة DNA. ٢- إنزيم بلمرة m-RNA.
  ٣- إنزيم بلمرة t-RNA. ٤- إنزيم بلمرة r-RNA.
- اذكر أمثلة لـ: تتابعات على DNA تنسخ ولا تترجم.
  ١- التتابعات التى تنسخ إلى كودونات وقف ACT، ATT، ATC.
  ٢- التتابعات التى تنسخ إلى ذيل عديد الأدينين.
- اذكر أمثلة لـ: تتابعات على DNA لا تنسخ ولا تترجم.
  جـ/ المحفز
- أول ثلاثيات الشفرة على DNA والتى تلى المحفز مباشرة= TAC؛ لأنه يترجم إلى كودون البدء AUG.

## ب حمض RNA الريبوسومى (rRNA)

P A

تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة

تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة

**الوظيفة:**

يدخل حوالى ٤ أنواع مختلفة من r-RNA مع حوالى ٧٠ نوع من عديد الببتيد فى بناء الريبوسومات والتي تعتبر عضيات تخليق البروتين داخل الخلية.

**الريبوسومات**

- تركيبها الكيميائى: يدخل فى تركيبها حوالى ٤ أنواع من rRNA و ٧٠ نوع من عديد الببتيد.
- مكان تكوينها: تتكون فى النوية (منطقة داخل النواة) فى خلايا حقيقيات النواة.
- مكان عملها: تعمل فى السيتوبلازم.
- تركيبها الوظيفى: تتركب من تحت وحدتين:
  (١) تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة، وهى تحتوى على موقعين هما:
  موقع الببتيديل (P).
  موقع الأمينو أسيل (A).
  (٢) تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة
  ، ويطلق عليهما عند ارتباطهما معًا **الريبوسوم الوظيفى.**
- معدل بنائها:

يتم بناء الآف من الريبوسومات فى الساعة فى خلايا حقيقيات النواة ... **علل ؟**

١- احتواء DNA فى حقيقيات النواة على أكثر من ٦٠٠ ألف نسخة من جينات RNA الريبوسومى والذى يشترك ٤ أنواع منه فى بناء الريبوسومات التي تحتاج إليها الخلايا بكثرة.

٢- وجود حوالى ٧٠ نوعًا من عديدات الببتيد تتكون فى السيتوبلازم ثم تنتقل عبر ثقوب الغشاء النووى إلى داخل النواة لتدخل فى بناء الريبوسومات داخل النوية بمعدل سريع.

**ملحوظات**

- أثناء عملية بناء البروتين يحدث تداخل بين mRNA، rRNA.
- قد تتبادل الريبوسومات تحت وحدتيها عند بدء عملية بناء البروتين بعد توقفها ... **فسر؟**
حيث أنه عندما لا يكون الريبوسوم قائمًا بعمله فى إنتاج البروتين فإن تحت الوحدتين تنفصلان عن بعضهما البعض وتتحرك كل منهما بحرية، وقد ترتبط كل تحت وحدة منهما بتحت وحدة أخرى من النوع المقابل عندما تبدأ عملية بناء البروتين مرة أخرى.

**أعط تفسيرًا علميًا لما يأتي:**

- يساهم كل من الريبوسومات والبروتين فى تكوين بعضهما البعض.
(أو) الريبوسومات تبني نفسها.
حيث إن الريبوسومات تقوم ببناء البروتين الذى يتكون من سلاسل من عديدات الببتيد ويدخل حوالى ٧٠ نوع من عديدات الببتيد فى بناء الريبوسومات الجديدة بالاشتراك مع ٤ أنواع من r-RNA.

## جـ حمض RNA الناقل (tRNA)

**الوظيفة:**
نقل الأحماض الأمينية من السيتوبلازم إلى الريبوسومات أثناء تكوين البروتين حيث يكون لكل حمض أمينى نوع خاص من tRNA يتعرف عليه ثم يقوم بنقله إلا أن الأحماض الأمينية التي لها أكثر من شفرة يكون لها أكثر من نوع من t-RNA.

**عدد الانواع:** أكثر من عشرين نوعًا.

**نسخ tRNA من DNA:**
ينسخ tRNA من جينات tRNA الموجودة على شكل تجمعات من (٧ - ٨) جينات على نفس الجزء من جزىء DNA بواسطة إنزيم بلمرة RNA.

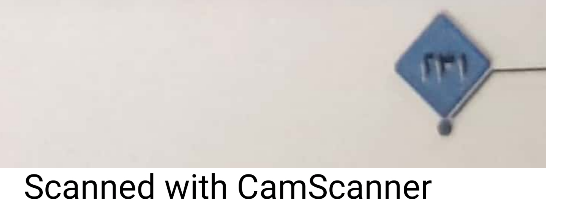
**الشكل العام:**
- لكل جزيئات tRNA نفس الشكل العام حيث تلتف أجزاء من الجزئ لتكون حلقات تحتفظ بشكلها بازدواج القواعد فى مناطق مختلفة من الجزىء.

3́
موقع ارتباط الحمض الأمينى
5́
مضاد الكودون

الشكل العام لجزىء RNA الناقل

**التركيب:**
- **يوجد موقعان على جزىء tRNA لهما دور فى بناء البروتين:**
- **الأول:** موقع اتحاد الجزىء بالحمض الأمينى الخاص به، ويتكون من ثلاث قواعد CCA عند الطرف (3́) من الجزىء.
- **الثانى:** موقع مقابل (مضاد) الكودون الذى تتزاوج قواعده مع كودونات mRNA المناسبة عند مركب mRNA والريبوسوم حيث يحدث ارتباط مؤقت بين tRNA وmRNA مما يسمح للحمض الأمينى المحمول على tRNA أن يدخل فى المكان المحدد له فى سلسلة عديد الببتيد.



النواة — ينتقل mRNA، tRNA، الريبوسومات عبر ثقوب الغشاء النووى إلى — السيتوبلازم

ينتقل ٧٠ نوع من عديدات الببتيد وإنزيم بلمرة RNA عبر ثقوب الغشاء النووى إلى

أسئلة متنوعة:

١ اكتب المصطلح العلمي:
أحد أنواع RNA لا ينتقل عبر ثقوب الغشاء النووى للخلية. (حمض RNA الريبوسومى r-RNA)

٢ فسر: حلقات جزىء tRNA محتفظة بشكلها.
حيث تلتف أجزاء من الجزىء تحتفظ بشكلها نتيجة ازدواج القواعد فى مناطق مختلفة من الجزىء.

٣ ما مدى صحة العبارة: يمكن نقل tRNA من فيروس إلى خلية بشرية دون خلل وظيفى.
العبارة صحيحة؛ لأن جميع جزيئات tRNA لها نفس الشكل العام والوظيفة فى جميع الكائنات الحية، كما أن كل نوع من tRNA يتخصص فى نقل نفس الحمض الأمينى فى جميع الكائنات الحية فلا يحدث خلل وظيفى.

## الشفرة الوراثية The Genetic Code

**الشفرة الوراثية**

تتابع النيوكليوتيدات فى ثلاثيات على mRNA والتي تم نسخها من أحد شريطى DNA.

ينتقل mRNA إلى الريبوسوم حيث يُترجم إلى تتابع للأحماض الأمينية فى سلسلة عديد الببتيد الذى يُكون بروتينًا معينًا.

**والسؤال الآن:** ما عدد النيوكليوتيدات التي تكون شفرة الحمض الأمينى ؟

∵ عدد النيوكليوتيدات التي تدخل فى بناء RNA أربعة أنواع (C-G-U-A).

، ∵ عدد الأحماض الأمينية التي تدخل فى تركيب البروتين ٢٠ نوع.

∴ يجب أن يكون عدد الشفرات على الأقل ٢٠ شفرة مختلفة.

### احتمالات الشفرة الوراثية

**أحادية**

مرفوض (x) ... علل ؟

لأنه إذا كانت الشفرة الوراثية أحادية فإن كل نيوكليوتيدة تمثل شفرة حمض أمينى ..

، فتكون عدد الشفرات = ٤

وبالتالى يتكون ٤ **أحماض أمينية فقط**

وهذا لا يتناسب مع عدد الأحماض الأمينية العشرين.

**ثنائية**

مرفوض (x) ... علل ؟

لأنه إذا كانت الشفرة الوراثية ثنائية فإن كل نيوكليوتيدتين تمثل شفرة حمض أمينى ..

، فيكون عدد الشفرات = $٤^٢$ = ١٦

وبالتالى يتكون ١٦ **حمض أمينى فقط**

وهذا لا يتناسب مع عدد الأحماض الأمينية العشرين.

**ثلاثية**

مقبول (✓) ... علل ؟

لأنه إذا كانت الشفرة الوراثية ثلاثية فإن كل ٣ نيوكليوتيدات تمثل شفرة حمض أمينى ..

، فيكون عدد الشفرات = $٤^٣$ = ٦٤

وبالتالى يصبح **لكل حمض أمينى أكثر من شفرة** ماعدا الميثيونين

وهذا يتناسب مع عددها فهو أكثر من الحاجة.

**وعلى ذلك** فأصغر حجم نظرى لكلمة شفرة DNA هو ثلاث نيوكليوتيدات.

وقد توفرت أدلة كافية تؤيد الشفرة الثلاثية عام ١٩٦٠م، وفى عام ١٩٦٥م استطاع العلماء الوصول إلى الشفرات الخاصة بكل حمض أمينى وأطلق عليها اسم «كودونات».

**الكودون**

شفرة وراثية تتكون من ثلاث نيوكليوتيدات على شريط mRNA.

- الشفرة الوراثية عالمية أو عامة ... **فسر؟**

(أو) الشفرة الوراثية دليل على حدوث التطور ... **فسر؟**

لأن نفس الكودونات تمثل شفرات لنفس الأحماض الأمينية فى جميع أنواع الكائنات الحية (فيروسات - فطريات - بكتيريا - نباتات - حيوانات) وهذا دليل قوى على أن جميع الكائنات الحية الموجودة على سطح الأرض قد نشأت عن أسلاف مشتركة، وعلى ذلك يظهر أن الشفرة قد تكونت بعد فترة قصيرة من بدء الحياة واستمرت بدون تغير تقريبًا لملايين السنين.

**القواعد النيتروجينية التي تدخل فى تركيب الأحماض النووية الريبوزية تشبه إلى حد ما الحروف الأبجدية:**

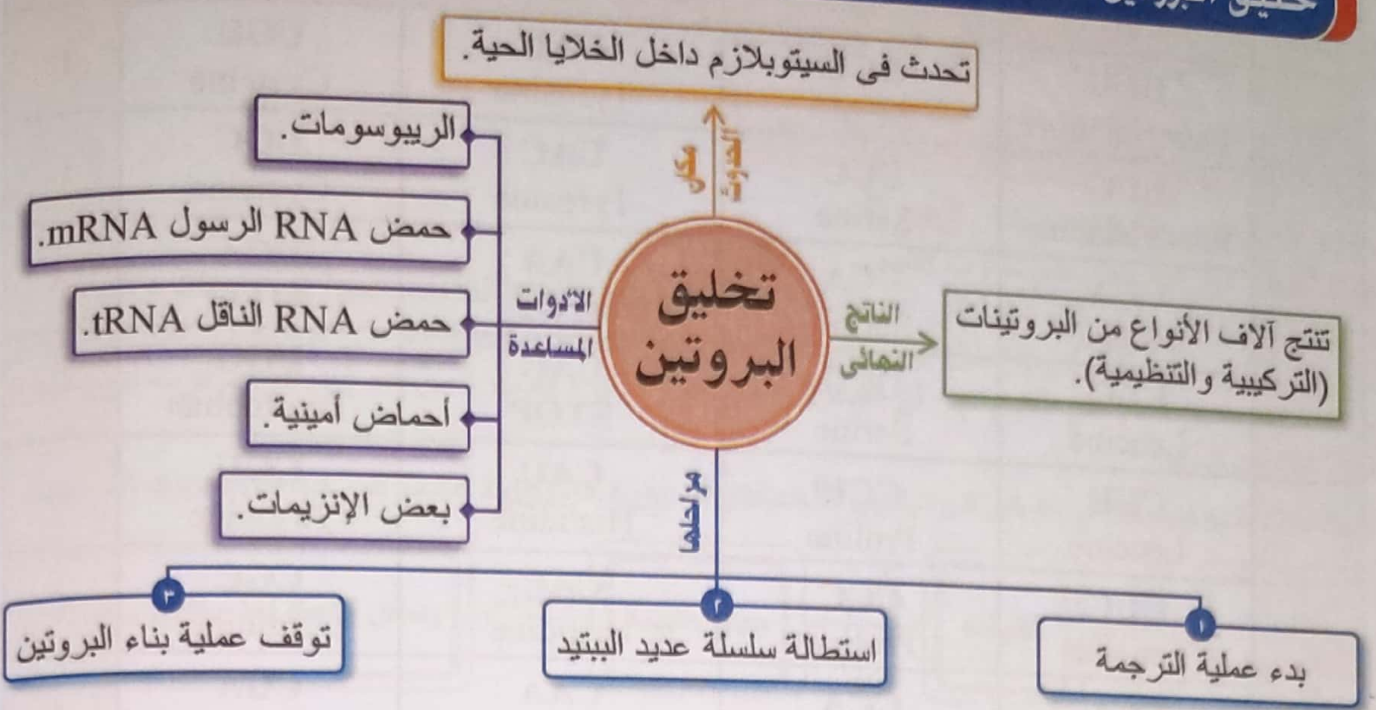
الحروف الأبجدية ← (تترتب بطرق مختلفة لتعطى) ← كلمات ← (تترتب بتتابع معين لتنتج) ← جمل مفيدة ← (تترجم إلى تتابع من) ← رسائل خاصة لها مدلول معين

**وبالمثل:**

القواعد النيتروجينية ← (تترتب بطرق مختلفة لتعطى) ← كودونات ← (تترتب بتتابع معين لتنتج) ← شفرة وراثية ← (تترجم إلى تتابع من) ← أحماض أمينية تكون سلسلة عديد الببتيد الذى يكون البروتين

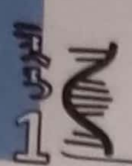
| القاعدة الأولى | القاعدة الثانية | | | | القاعدة الثالثة |
|---|---|---|---|---|---|
| | U | G | A | G | |
| U | UUU Phenylalanine | UCU Serine | UAU Tyrosine | UGU Cysteine | U |
| U | UUC Phenylalanine | UCC Serine | UAC Tyrosine | UGC Cysteine | C |
| U | UUA Leucine | UCA Serine | UAA STOP | UGA STOP | A |
| U | UUG Leucine | UCG Serine | UAG STOP | UGG Tryptophan | G |
| C | CUU Leucine | CCU Proline | CAU Histidine | CGU Arginine | U |
| C | CUC Leucine | CCC Proline | CAC Histidine | CGC Arginine | C |
| C | CUA Leucine | CCA Proline | CAA Glutamine | CGA Arginine | A |
| C | CUG Leucine | CCG Proline | CAG Glutamine | CGG Arginine | G |
| A | AUU Isoleucine | ACU Threonine | AAU Asparagine | AGU Serine | U |
| A | AUC Isoleucine | ACC Threonine | AAC Asparagine | AGC Serine | C |
| A | AUA Isoleucine | ACA Threonine | AAA Lysine | AGA Arginine | A |
| A | AUG (START) Methionine | ACG Threonine | AAG Lysine | AGG Arginine | G |
| G | GUU Valine | GCU Alanine | GAU Asparagine | GGU Glycine | U |
| G | GUC Valine | GCC Alanine | GAC Asparagine | GGC Glycine | C |
| G | GUA Valine | GCA Alanine | GAA Glutamic acid | GGA Glycine | A |
| G | GUG Valine | GCG Alanine | GAG Glutamic acid | GGG Glycine | G |

## تخليق البروتين Protein synthesis




- عملية تخليق البروتين عملية معقدة تتضمن تداخل الأنواع المختلفة من جزيئات RNA كما يتضح من الرسم التالى:

خطوات تخليق البروتين.



- يتم تخليق البروتين على ثلاث مراحل رئيسية كالتالي:

| المرحلة | المواد المساعدة | الخطوات |
|---|---|---|
| بدء عملية الترجمة | ⊙ الريبوسوم الوظيفي.<br>⊙ جزئ mRNA.<br>⊙ جزئ tRNA به مضاد كودون UAC.<br>⊙ حمض الميثونين. | ١ ترتبط تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة بجزيء mRNA من جهة الطرف (5′) بحيث يكون أول كودون به AUG متجهًا إلى أعلى.<br>٢ تتزاوج قواعد مضاد الكودون لجزيء tRNA الخاص بالميثيونين مع كودون AUG وبذلك يصبح الميثيونين أول حمض أميني في سلسلة عديد الببتيد التي ستبنى.<br>٣ ترتبط تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة بالمركب السابق (تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة + tRNA + mRNA) وعندئذ تبدأ تفاعلات بناء البروتين. |
| استطالة سلسلة عديد الببتيد | ⊙ الريبوسوم الوظيفي.<br>⊙ جزئ mRNA.<br>⊙ جزيئات tRNA لكل منها مضاد كودون معين حسب الكودونات الموجودة على mRNA.<br>⊙ إنزيمات منشطة للتفاعل. | تبدأ سلسلة عديد الببتيد في الاستطالة في دورة تتكون من ثلاث خطوات:<br>١ يرتبط مضاد كودون tRNA آخر بالكودون التالي على جزيء mRNA في موقع الأمينو أسيل (A) حاملا الحمض الأميني الثاني في سلسلة عديد الببتيد.<br>٢ - يحدث تفاعل نقل الببتيديل الذي ينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية بين الحمض الأميني الأول والثاني بمساعدة إنزيم منشط للتفاعل عبارة عن جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة.<br>٣ - يصبح tRNA الأول فارغًا ويترك الريبوسوم وقد يلتقط ميثيونينًا آخر، أما tRNA الآخر يحمل الحمضين الأمينيين معًا.<br>- يتحرك الريبوسوم على امتداد mRNA بحيث يصبح موقع الأمينو أسيل (A) خالي ويصبح الحمض الأميني الثاني أمام موقع الببتيديل (P) على الريبوسوم.<br>- تبدأ الدورة مرة أخرى حيث يرتبط مضاد كودون tRNA مناسب بكودون mRNA جالبًا الحمض الأميني الثالث إلى الموضع المناسب على الموقع (A).<br>- ترتبط سلسلة عديد الببتيد النامية بالحمض الأميني الجديد القادم على جزيء tRNA الثالث ثم يتكرر التتابع. |
| توقف عملية بناء البروتين | ⊙ أحد كودونات الوقف الثلاثة: (UAA ،UAG ،UGA)<br>⊙ بروتين عامل الإطلاق. | تقف عملية بناء البروتين عندما يصل الريبوسوم إلى كودون وقف على mRNA حيث يرتبط عامل الإطلاق بكودون الوقف مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA وتنفصل تحت وحدتا الريبوسوم عن بعضهما البعض، وتتحرر سلسلة عديد الببتيد النامية. |

**وبمرور** الريبوسوم الواحد على جزيء mRNA تنتج سلسلة عديد ببتيد واحدة تتكون من تتابع من الأحماض الأمينية، ولكن من المعروف أن البروتين الواحد يتكون من أكثر من سلسلة من عديدات الببتيد بالإضافة إلى حاجة بعض الخلايا إلى كمية كبيرة من البروتين نفسه لذا يتطلب ذلك تكرار هذه العملية مرة أخرى.

**بمجرد أن** يبرز (5′) لجزيء mRNA من الريبوسوم يرتبط به تحت وحدة ريبوسوم صغيرة أخرى لتبدأ دورة أخرى في بناء البروتين وهكذا.



عادة ما يتصل بجزىء mRNA الواحد عدد من الريبوسومات قد يصل إلى مائة ريبوسوم حيث يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA ويسمى فى هذه الحالة **«عديد الريبوسوم»**.

**تفاعل نقل الببتيديل**

تفاعل كيميائى يحدث فى الريبوسومات وينتج عنه تكوين رابطة ببتيدية بين حمض أمينى والحمض الذى يليه بمساعدة إنزيم منشط للتفاعل عبارة عن جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة.

**عامل الإطلاق**

بروتين يرتبط بكودون الوقف على جزئ mRNA مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA وتنفصل تحت وحدتى الريبوسوم عن بعضهما البعض وتتحرر سلسلة عديد الببتيد المتكونة.

**عديد الريبوسوم**

اتصال جزىء mRNA واحد بعدد من الريبوسومات قد يصل إلى المائة ريبوسوم يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA.

### ملحوظات

- يوجد على الريبوسوم موقع الببتيديل (p) وموقع أمينو أسيل (A) يمكن أن ترتبط بهما جزيئات tRNA:

| موقع الببتيديل (p) | موقع أمينو أسيل (A) |
|---|---|
| موقع يرتبط به جزىء tRNA، ويوجد عنده أول كودون على mRNA (AUG) عند بدء عملية تخليق البروتين ويمثل شفرة الحمض الأمينى الميثيونين (أول حمض أمينى فى سلسلة عديد الببتيد) كما يحدث عنده تفاعل نقل الببتيديل حيث ترتبط الأحماض الأمينية المتجاورة بروابط ببتيدية. | موقع ترتبط فيه مضادات كودونات tRNA الحاملة للأحماض الأمينية بكودونات جزىء mRNA (عدا مضاد كودون الحمض الأمينى الأول - الميثيونين -) لإدخال الأحماض الأمينية إلى سلسلة عديد الببتيد. |

- الميثيونين هو أول حمض أمينى فى سلسلة عديد الببتيد؛ لأن أول كودون على mRNA هو AUG ويمثل شفرة الحمض الأمينى الميثيونين وهو يوجد عند موقع الببتيديل (p).
- الفرق بين عديد الببتيد وعديد الريبوسوم:

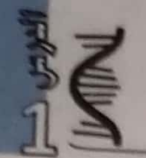
| عديد الببتيد | عديد الريبوسوم |
|---|---|
| عبارة عن مجموعة من الأحماض الأمينية مرتبطة مع بعضها بروابط ببتيدية فى تفاعل نازع للماء فى وجود إنزيمات خاصة وتدخل فى تكوين البروتينات المختلفة. | اتصال جزىء mRNA واحد بعدد من الريبوسومات قد يصل إلى المائة ريبوسوم يترجم كل منها الرسالة بمروره على mRNA ويتكون أثناء عملية تخليق البروتين. |

### ما مدى صحة العبارة:

يزداد معدل تكوين مركب عديد الريبوسوم فى خلايا العظام مقارنة بخلايا المعدة ؟

العبارة غير صحيحة؛ لأن معدل تكوين مركب عديد الريبوسوم يكون فى خلايا المعدة أكبر؛ حيث تفرز المعدة إنزيمات هاضمة (بروتينات تنظيمية) بصورة مستمرة لهضم الطعام وبالتالي تحتاج إلى ترجمة هذه الشفرات العديد من المرات، بينما العظام ليس لها نشاط إفرازى يحتاج إلى ترجمة هذه الشفرات العديد من المرات.






## ماذا يحدث عند:

١ عدم ارتباط تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة بالصغيرة عند تخليق البروتين ؟
تتوقف عملية تصنيع البروتينات داخل الخلية؛ لعدم حدوث تفاعلات بناء البروتين.

٢ غياب الريبوسومات من خلايا بيتا بالبنكرياس ؟
تتوقف خلايا بيتا عن إفراز هرمون الأنسولين (بروتين تنظيمى) مما يؤدى إلى حدوث خلل فى أيض كل من الجلوكوز والدهون بالجسم والإصابة بمرض البول السكرى ويظهر على المريض أعراضه من ارتفاع نسبة سكر الجلوكوز فى الدم عن المعدل الطبيعى (يظهر ذلك فى تحاليل الدم) وتعدد التبول والعطش؛ نتيجة وجود سكر الجلوكوز فى البول (يظهر ذلك فى تحليل البول) الذى يصاحبه إخراج كميات كبيرة من الماء، وإصابة مرضى السكر أحيانًا بغيبوبة السكر.

٣ اختفاء النواة من الخلايا الليمفاوية البائية مع وجود أجسام غريبة تهاجم الجسم ؟
لا تستطيع الخلايا الليمفاوية البائية إنتاج الأجسام المضادة لمهاجمة هذه الأجسام الغريبة مما يؤدى إلى انتشارها داخل الخلايا ويصبح الجسم عرضة للإصابة بالأمراض وتقل قدرة الجسم المناعية؛ لأن غياب النواة يؤدى إلى عدم وجود DNA وبالتالي عدم تخليق الأحماض النووية الريبوزية الثلاثة فتتوقف عملية تخليق بروتين الجلوبيولين الذى يدخل فى تركيب الأجسام المضادة.

## أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتى:

١ تلعب الجينات الموجودة على DNA دورًا مباشرًا وغير مباشر فى تخليق البروتين.

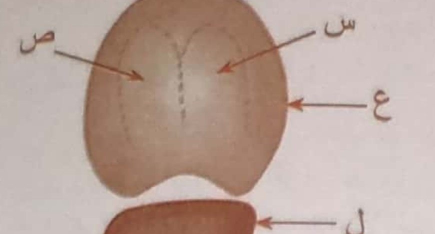
- بعض جينات DNA تنسخ إلى mRNA يحمل شفرات يتم ترجمتها إلى تتابع من الأحماض الأمينية والتى تكون البروتين (دور مباشر).
- بعض جينات DNA تنسخ إلى rRNA يدخل ٤ أنواع منه فى بناء الريبوسومات والتى تعتبر عضيات تخليق البروتين داخل الخلية (دور غير مباشر).
- بعض جينات DNA تنسخ إلى tRNA المسئول عن نقل الأحماض الأمينية من السيتوبلازم إلى الريبوسومات لتخليق البروتين (دور غير مباشر).

٢ لا تستطيع الريبوسومات وحدها أن تسد حاجة الجسم من الهرمونات.
لأن الريبوسومات مسئولة عن تخليق الأنواع المختلفة من البروتينات داخل الخلايا وليست كل الهرمونات الموجودة فى الجسم بروتينية حيث توجد بعض الهرمونات التى تتكون من مواد دهنية والمعروفة بالإستيرويدات مثل هرمونات قشرة الغدة الكظرية (السكرية - المعدنية - الجنسية) بالإضافة إلى هرمونات المناسل فلا تستطيع الريبوسومات تخليق مثل هذه الهرمونات.

٣ قد يحدث إحلال نيوكليوتيدة محل نيوكليوتيدة أخرى على DNA ومع ذلك يظل البروتين الناتج كما هو.
(أو) قد تحدث طفرة جينية نتيجة تغير فى التركيب الكيميائى ولا ينشأ عنها بروتين مختلف.

- لأنه عند استبدال النيوكليوتيدة بأخرى على DNA قد تكون شفرة وراثية جديدة لنفس الحمض الأمينى وذلك لأن بعض الأحماض الأمينية يكون لها أكثر من شفرة (ما عدا الميثونين) وعند نسخها تترجم إلى نفس الحمض الأمينى فيظل تركيب البروتين كما هو.
- قد يحدث ذلك نتيجة استبدال النيوكليوتيدة بأخرى لإحدى التتابعات التى ينشأ عن نسخها كودون وقف بحيث يعطى شفرة أخرى تصلح أن تكون كودون وقف لأن ثلاثية شفرته على DNA قد تكون (ACT-ATT-ATC) وبالتالي لا يؤثر على البروتين الناتج.

## أسئلة متنوعة:




١ في الشكل المقابل: أجب عن الأسئلة التالية:

١- اكتب البيانات الموجودة على الرسم.

٢- ما الجزء المسئول عن ترجمة شفرة mRNA ع أم ل ولماذا ؟

٣- ما الجزء المسئول عن تكوين الرابطة الببتيدية ع أم ل ولماذا ؟

٤- ما الجزء المسئول عن ارتباط بروتين عامل الإطلاق بكودون الوقف س أم ص ولماذا ؟

٥- متى يرتبط ع مع ل ؟ ومتى ينفصلان ؟

**:-الإجابة:-**

١- س= موقع الأمينو أسيل A ، ص= موقع الببتيديل P ، ع= تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة ، ل= تحت وحدة الريبوسوم الصغيرة.

٢- ع؛ لأنه يحتوى على موقع الببتيديل وموقع الأمينو أسيل المسئولان عن الترجمة.

٣- ع؛ لأن الإنزيم المنشط لتفاعل الببتيديل جزء من تحت وحدة الريبوسوم الكبيرة.

٤- س؛ لأن موقع الأمينوأسيل يكون فارغًا عندما يصل الريبوسوم إلى كودون الوقف.

٥-

- يرتبطان معًا عندما تبدأ تفاعلات بناء البروتين بعد تزاوج مضاد الكودون على tRNA الذى يحمل حمض الميثيونين بكودون البدء AUG على mRNA.

- ينفصلان عن بعضهما عندما لا يكون الريبوسوم قائمًا بعمله فى تخليق البروتين بعد وصوله إلى كودون الوقف الذى يرتبط به بروتين عامل الإطلاق مما يجعل الريبوسوم يترك mRNA وتنفصل تحت وحدتى الريبوسوم عن بعضهما.

٢ فى ضوء دراستك للبيولوجيا الجزيئية: ما الأسباب التي قد تؤدى إلى تناقص إفراز (إنزيم الهيالويورنيز أو هرمون الأنسولين أو بروتين الكولاجين أو الأجسام المضادة) ؟

١- تناقص عدد الريبوسومات المسئولة عن تخليق هذه البروتينات.

٢- تناقص إنزيمات بلمرة RNA الخاصة بجينات هذه البروتينات.

٣- تناقص الأحماض الأمينية التي تكون هذه البروتينات.

٣ كيف يساهم mRNA فى بناء tRNA ؟
(أو) كيف تحصل على tRNA من mRNA ؟

- يتم ترجمة شريط mRNA الذى يحمل شفرة إنزيم بلمرة tRNA (بروتين تنظيمى) إلى تتابع الأحماض الأمينية فى سلسلة عديد الببتيد النامية التي تكون إنزيم بلمرة tRNA.

- يتم نسخ tRNA من جينات tRNA الموجودة على شكل تجمعات من (٧ : ٨) جينات على نفس الجزء من جزىء DNA بواسطة إنزيم بلمرة tRNA.

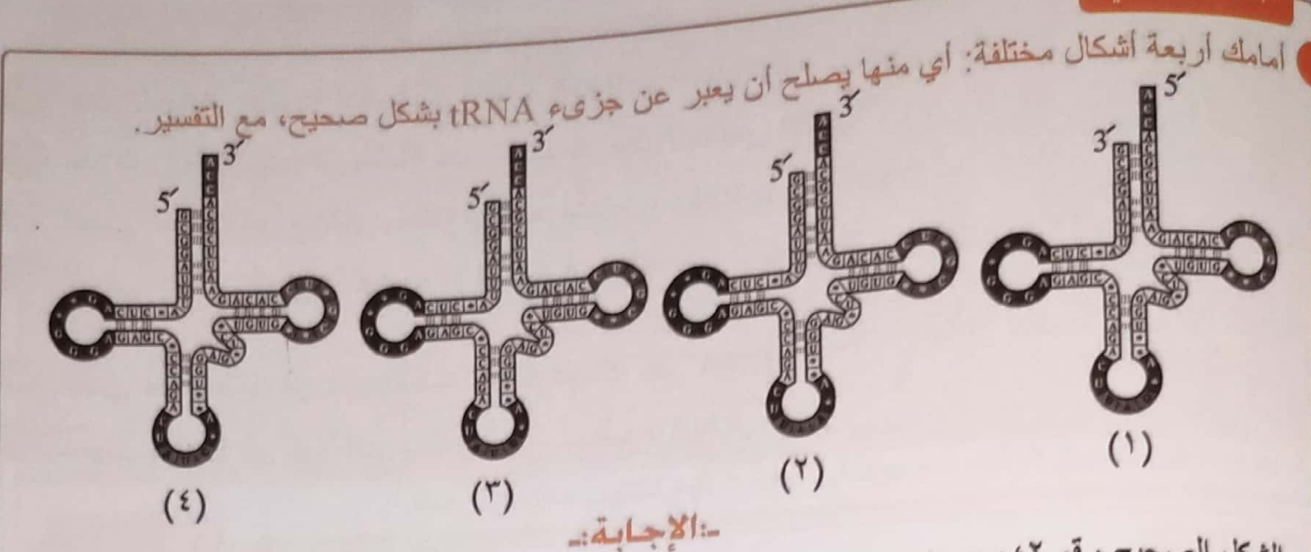
## فروق لغوية

١ الجزىء المسئول عن حمل لغتى الأحماض الأمينية والنيوكليوتيدات: mRNA.

٢ الجزىء المسئول عن قراءة لغتى الأحماض الأمينية والنيوكليوتيدات: tRNA.

## أجب عما يأتي:

أمامك أربعة أشكال مختلفة: أي منها يصلح أن يعبر عن جزيء tRNA بشكل صحيح، مع التفسير.




**:الإجابة:**

الشكل الصحيح رقم ٢؛ بسبب:

- وجود موقع ارتباط الحمض الأمينى عند الطرف (´3) من الجزىء بعكس الشكل ١.
- وجود موقع مضاد كودون صحيح بعكس الشكلين ٣ ، ٤ حيث يمثل كل منهما مضاد كودون الوقف ولا يوجد لكودون الوقف مضاد كودونات.

## إرشادات حل المسائل:

١. فى شريط mRNA توجد القاعدة النيتروجينية اليوراسيل (U) بدلا من القاعدة النيتروجينية الثايمين (T) الموجودة فى DNA.

٢. عند نسخ حمض mRNA من شريط DNA لا بد أن يكون شريط DNA القالب فى اتجاه (´3 ← ´5) بحيث يكون شريط mRNA الناتج فى اتجاه (´5 ← ´3).

٣. الكودون يتكون من ٣ نيوكليوتيدات على شريط mRNA وبالتالي يكون:

$$\text{عدد الكودونات} = \frac{\text{مجموع نيوكليوتيدات mRNA}}{3}$$

$$= \frac{\text{مجموع نيوكليوتيدات شريط DNA المفرد}}{3}$$

$$= \frac{\text{مجموع نيوكليوتيدات جزىء DNA المزدوج}}{6}$$

٤.

| ثلاثية الشفرة على DNA | الكودون على mRNA | مضادات الكودون على tRNA |
|---|---|---|
| TAC | AUG (كودون بدء) | UAC |
| TCG | AGC | UCG |
| ACT | UGA (كودون وقف) | لا يوجد مضاد كودون لكودون الوقف. |
| GAT | CUA | GAU |
| ATC | UAG (كودون وقف) | لا يوجد مضاد كودون لكودون الوقف. |
| CAT | GUA | CAU |
| GTA | CAU | GUA |
| ATT | UAA (كودون وقف) | لا يوجد مضاد كودون لكودون الوقف. |

تابع إرشادات حل المسائل:

٥ عدد الأحماض الأمينية الناتجة من ترجمة mRNA = عدد الكودونات على mRNA - ١ (كودون وقف).

٦ عدد الروابط الببتيدية فى سلسلة عديد الببتيد = عدد الأحماض الأمينية - ١.

٧ أقصى عدد من أنواع (الكودونات) أو الشفرات على mRNA = $٤^٣$ = ٦٤.

٨ أقصى عدد من أنواع (الكودونات) أو شفرات الأحماض الأمينية على mRNA = ٦٤ - ٣ (كودونات وقف) = ٦١.

٩ أقصى عدد محتمل من أنواع مضادات الكودونات على tRNA = ٦١.

٨ لتحويل DNA إلى mRNA نحتاج إلى إنزيم بلمرة RNA.

مثال (١)

لديك جين يحمل التتابعات التالية على أحد أشرطته

3´..... T-A-C-T-C-C-T-T-T-T-A-C-T-C-C-A-T-T ..... 5´

١ـ اكتب تتابع القواعد النيتروجينية على جزىء mRNA المنسوخ من الشريط السابق.

٢ـ كم عدد الأحماض الأمينية الناتجة من ترجمة جزىء mRNA.

٣ـ كم عدد أنواع الأحماض الأمينية الناتجة من ترجمة جزىء mRNA ؟

٤ـ كم عدد أنواع tRNA المستخدمة فى ترجمة mRNA ؟ ولماذا ؟

٥ـ اكتب مضادات الكودونات على tRNA.

٦ـ كم عدد الروابط الببتيدية فى سلسلة عديد الببتيد الناتجة ؟

٧ـ كم عدد اللفات الكاملة للجين ؟ مع تفسير إجابتك.

الحل:

١ـ 3´..... A-U-G-A-G-G-A-A-A-A-U-G-A-G-G-U-A-A ..... 5´

٢ـ ٥ أحماض أمينية.

٣ـ ٣ أنواع فقط.

٤ـ ٣ أنواع فقط؛ لأن لكل حمض أمينى نوع خاص من tRNA يتعرف عليه ثم يقوم بنقله ويرجع ذلك إلى وجود تكرار فى الشفرتين AUG ،AGG مرتين من نفس التتابع ولكل منهما نفس الشفرة لنفس الحمض الأمينى فيكون لكل منهما نوع واحد فقط من tRNA وليس نوعين.

٥ـ UAC - UCC - UUU - UAC - UCC

٦ـ عد الروابط الببتيدية = عدد الأحماض الأمينية - ١ = ٥ - ١ = ٤ روابط.

٧ـ عدد اللفات الكلى = $\frac{\text{عدد النيوكليوتيدات على شريط DNA}}{١٠}$ = $\frac{١٨}{١٠}$ = ١,٨ لفة.

عدد اللفات الكاملة = ١ لفة فقط.

## مثال (٢)

لديك قطعة من جزيء DNA تحمل التتابعات التالية على أحد أشرطتها:

3´..... TAC GGA ACT CGT TAC ATT ..... 5´

١- اكتب تتابع النيوكليوتيدات فى قطعة mRNA المنسوخة من هذه القطعة.

٢- احسب عدد الأحماض الأمينية الناتجة من عملية الترجمة، مع التفسير.

**:الحل:-**

١- 5´..... AUG CCU UGA GCA AUG UAA ..... 3´

٢- عدد الأحماض الأمينية الناتجة من عملية الترجمة= ٢ فقط؛ بسبب وجود كودون وقف فى منتصف التتابع تنتهى عنده آلية تخليق البروتين بعد ترجمة شـــفرتين فقط وهو الكودون UGA حيث يرتبط به بروتين عامل الإطلاق مما يجعل الريبوسوم ينفصل عن mRNA وتتحرر سلسلة عديد الببتيد المتكونة وذلك قبل وصول الريبوسوم إلى كودون الوقف الموجود فى نهاية التتابع فتنتهى عملية الترجمة.

## مثال (٣)

إذا علمت أن كودون حمض الجلايسـين GGA وكودون حمض الأرجنين AGG وكودون حمض الجلوتاميك GAG، اكتب ترتيب القواعد النيتروجينية فى اللولب المزدوج الذى يعطى الأحماض الثلاثة بنفس الترتيب، مضيفًا إليهم كودون بدء وكودون وقف.

**:الحل:-**

نبنى شريط mRNA أولا كالتالى: (كودون بدء ... كودون وقف)

5´..... AUG GGA AGG GAG UAG ..... 3´

- شريط DNA: 3´..... TAC CCT TCC CTC ATC ..... 5´

- الشريط المكمل: 5´..... ATG GGA AGG GAG TAG ..... 3´

## مثال (٤)

تعرف أحد الباحثين على التتابع AAC فى شريط طويل لجزيء mRNA فإذا كان التتابع AAC فى الشفرة الوراثية هو كودون الحض الأمينى الأسباراجين فهل من الضرورى أن الأسباراجين سوف يظهر فى البروتين الناتج عن ترجمة هذا الشريط ؟ فسر إجابتك.

لا ليس ضروريًا أن يظهر الأسباراجين فى البروتين الناتج.

التفسير: لأن هذا التتابع قد يتوزع بين كودنين متجاورين وكل منهما يمثل شفرة حمض أميني مختلف.



مثال (٥)

إذا علمت أنه ينتج عن ترجمة شريط mRNA سلسلة عديد ببتيد بها ١٥٠ حمض أمينى، احسب:

١ـ عدد النيوكليوتيدات الموجودة على mRNA.

٢ـ عدد النيوكليوتيدات الموجودة على قطعة DNA المنسوخ منها هذا الشريط.

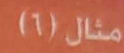
**الحل:-**

١ـ عدد النيوكليوتيدات علي mRNA = (عدد الأحماض الأمينية X ٣) + ٣ (كودون وقف)

= (١٥٠ X ٣) + ٣ = ٤٥٣ نيوكليوتيدة.

٢ـ عدد النيوكليوتيدات الموجودة على قطعة DNA = عدد النيوكليوتيدات على mRNA X ٢ = ٤٥٣ X ٢

= ٩٠٦ نيوكليوتيدة.



مثال (٦)

3´ 5´

AAATACCCCCTTAGCGAACATT

TTTATGGGGAATCGCTTGTAA

5´ 3´

الشكل يوضح بدء DNA فى نسخ mRNA المطلوب:

١ـ حدد المحفز.

٢ـ حدد الشريط الذى يستنسخ منه mRNA.

٣ـ حدد عدد كودونات mRNA.

٤ـ حدد عدد الأحماض الأمينية.

٥ـ كم عدد جزيئات tRNA.

٦ـ أين تحدث هذه العملية.

**الحل:-**

١ـ المحفز هو التتابع (AAA).

٢ـ الشريط العلوى الذى يحتوى على التتابع (AAA) المحفز.

٣ـ عدد كودونات mRNA = $\frac{\text{عدد نيوكليوتيدات الشريط الواحد}}{٣}$ = $\frac{١٨}{٣}$ = ٦ كودونات.

ملحوظة: لم يتم حساب المحفز لأنه لا ينسخ وإنما يعطى إشارة للشريط الذى ينسخ منه فقط.

٤ـ عدد الأحماض الأمينية = عدد الكودونات mRNA - ١ = ٦ - ١ = ٥ أحماض أمينية.

٥ـ عدد جزيئات tRNA = عدد الأحماض الأمينية = ٥ جزيئات.

٦ـ تحدث هذه العملية فى النواة عند أجزاء معينة على أحد شريطى DNA الذى يسبق بالمحفز حيث يوجه إنزيم بلمرة RNA إلى الشريط (´3⟵´5) الذى ينسخ منه mRNA فى الاتجاه الجديد (´5⟵´3).

# التكنولوجيا الجزيئية (الهندسة الوراثية)

## إنجازات التكنولوجيا الجزيئية (الهندسة الوراثية)

١ إمكانية عزل جين مرغوب فيه وتكوين ملايين النسخ منه داخل خلية بكتيرية أو خميرة.
٢ تحليل نسخ الجينات لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات فى هذا الجين.
٣ إجراء مقارنة بين تركيب جينات نفس الفرد أو جينات أفراد مختلفة.
٤ معرفة تتابع النيوكليوتيدات فى الجين وبالتالي معرفة تتابع الأحماض الأمينية فى البروتين المقابل.
٥ نقل جينات وظيفية إلى خلايا نباتية أو أخرى حيوانية.
٦ بناء جزيئات DNA حسب الطلب فى عام ١٩١٧م تمكن **خورانا Khorana** من إنتاج جين صناعى وإدخاله إلى خلايا بكتيرية، أما حديثًا يوجد فى المعامل **نظم جينية** يمكن برمجتها لإنتاج شريط قصير من DNA يحتوى على تتابع النيوكليوتيدات الذى ترغب فيه.

فسر تلعب النظم الجينية دورًا هامًا فى الهندسة الوراثية.

٧ استخدام DNA المبنى حسب الطلب فى تجارب تخليق البروتين.
٨ دراسة تأثير الأحماض الأمينية على وظيفة البروتين عن طريق تغيير الشفرة لاستبدال حمض أمينى بآخر.

## أهم تقنيات التكنولوجيا الجزيئية

- تهجين الحمض النووى
- استنساخ تتابعات DNA
- DNA معاد الاتحاد

## تهجين الحمض النووي

**الأساس العلمى لتهجين الحمض النووي:**

- عند رفع درجة حرارة جزىء DNA إلى ١٠٠°م ... **ماذا يحدث ؟**
تتكسر الروابط الهيدروجينية التى تربط القواعد النيتروجينية فى شريطى اللولب المزدوج ويتكون شريطان مفردان غير ثابتين.

- عند خفض درجة حرارة جزىء DNA ... **ماذا يحدث ؟**
تتزاوج الأشرطة المفردة ببعضها لتكون لولب مزدوج من جديد حيث إنها تميل للوصول لحالة الثبات.

- أى شريطين مفردين من DNA أو RNA يمكنهما تكوين شريط مزدوج إذا وجد بينهما تتابعات قصيرة من القواعد المتكاملة.

- **تتوقف شدة التصاق الشريطين فى اللولب المزدوج على:** درجة التكامل بين تتابعات قواعدهما النيتروجينية
**ويمكن قياس شدة الالتصاق بـ:** مقدار الحرارة اللازمة لفصل الشريطين عن بعضهما مرة أخرى فكلما كانت شدة الالتصاق كبيرة بين الشريطين زاد مقدار الحرارة اللازمة لفصلهما.

- يمكن استخدام قدرة الشريط المفرد لـDNA أو RNA على الالتصاق طويلا فى إنتاج لولب مزدوج هجين.

## كيفية الحصول على DNA مزدوج هجين:

١ تمزج أحماض نووية من مصدرين مختلفين (نوعين مختلفين من الكائنات الحية).

٢ ترفع درجة حرارة المزيج إلى ١٠٠°م فتنفصل جزيئات DNA إلى أشرطة منفردة.

٣ يترك الخليط ليبرد فيحدث ازدواج للقواعد النيتروجينية المتكاملة بين الشرائط فتتكون بعض اللوالب المزدوجة الأصلية بالإضافة إلى عدد من اللوالب المزدوجة المهجنة (DNA مهجن) التى يتكون كل منها من شريط من كلا المصدرين.

**DNA المهجن**

لولب مزدوج يتكون من شريطين أحدهما من كائن حى والشريط المتكامل معه من كائن آخر.

**فكرة: كيف تحصل على RNA مزدوج هجين ؟**

١ تمزج أحماض نووية ريبوزية من مصدرين مختلفين (نوعين مختلفين من الكائنات الحية).

٢ يحدث ازدواج للقواعد النيتروجينية المتكاملة بين الشرائط فتتكون لوالب مزدوجة مهجنة يتكون كل منها من شريط من كلا المصدرين بالإضافة إلى بعض الشرائط المفردة التى تظل كما هى دون ازدواج.

## استخدامات DNA المهجن:

**١ الكشف عن وجود جين معين وتحديد كميته داخل المحتوى الجينى لعينة ما.**

- يحضر شريط مفرد لتتابعات النيوكليوتيدات يتكامل مع أحد أشرطة الجين محل الدراسة وذلك باستخدام نظائر مشعة (حتى يسهل التعرف عليه بعد ذلك).
- يخلط هذا الشريط مع العينة غير المعروفة.
- نستدل على وجود الجين وكميته فى الخليط بالسرعة التى تتكون بها اللوالب المزدوجة المشعة.

**مثال:**
التحقق من وجود التتابع (A–G–A–A–G) حوالى ١٠٠٠٠٠ مرة فى الدروسوفيلا.

**٢ تحديد العلاقات التطورية بين الأنواع المختلفة من الكائنات الحية.**

حيث إنه كلما تشابه تتابع النيوكليوتيدات الموجودة فى DNA بين نوعين مختلفين من الكائنات الحية وزادت درجة التهجين بينهما، كلما كانت العلاقات التطورية بينهما أقرب.

**مثال:**
الاستدلال على انتماء الإنسان لرتبة الرئيسيات.

**أجب عما يأتى:**

الجدول المقابل يوضح أشرطة لعينات مختلفة من DNA ودرجات الحرارة اللازمة لكسر الروابط الهيدروجينية بين القواعد النيتروجينية لكل شريطين.

| العينات | درجة الحرارة |
|---|---|
| أ ، ب | ٢٠ |
| ب ، جـ | ٨٠ |
| جـ ، د | ٤٠ |
| د ، ب | ٦٠ |

١- ما العينات التى تكون العلاقات التطورية بينها أقرب ما يمكن ؟ ولماذا ؟
٢- ما العينات التى تكون العلاقات التطورية بينها أبعد ما يمكن ولماذا ؟

١- العينات (ب ، جـ)؛ لأن درجة الحرارة اللازمة لفصل الشريطين أكبر ما يمكن مما يدل على وجود تكامل بين القواعد النيتروجينية بدرجة كبيرة فتكون العلاقات التطورية أكبر.
٢- العينات (أ ، ب)؛ لأن درجة الحرارة اللازمة لفصل الشريطين عن بعضهما أقل ما يمكن مما يدل على ضعف التكامل بين أزواج القواعد النيتروجينية وبُعد العلاقات التطورية.

# إنزيمات القطع أو القصر البكتيرية

## إنزيمات القصر أو القطع البكتيرية

إنزيمات بكتيرية تتعرف على مواقع عينة على جزىء DNA الفيروسى الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة.

**مكان إفرزها:** تفرزها الكائنات الدقيقة وبعض السلالات البكتيرية المختلفة.

**كيفية التوصل إليها (اكتشافها):**

- لاحظ العلماء أن الفيروسات التى تنمو داخل سلالات معينة من بكتيريا (E.coli) يقتصر نموها على هذه السلالات فقط ولا تستطيع أن تنمو داخل سلالات أخرى.
- فى السبعينات أرجع الباحثون عدم وجود هذه الفيروسات داخل سلالات أخرى من البكتيريا إلى أن هذه السلالات المقاومة للفيروسات تفرز إنزيمات تتعرف على مواقع معينة على جزىء DNA الفيروسى الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة سميت بـ«**إنزيمات القصر**».

**والسؤال الآن:** لا تهاجم إنزيمات القصر البكتيرية حمض DNA الخاص بالخلية البكتيرية ... **لماذا؟**

لأن هذه الأنواع من البكتيريا تفرز إنزيمات معدلة تضيف مجموعة ميثيل $CH_3$ إلى النيوكليوتيدات فى مواقع جزىء DNA البكتيرى التى تتماثل مع مواقع تعرف الفيروس مما يجعل DNA البكتيرى مقاومًا لفعل هذه الإنزيمات وبذلك تحافظ الخلية البكتيرية على DNA الخاص بها من التحلل.

**استنتاج**

تفرز الخلايا البكتيرية الإنزيمات المعدلة أولا ثم إنزيمات القصر.

**عددها:** تم فصل ما يزيد عن ٢٥٠ إنزيم من سلالات بكتيرية مختلفة.

**آلية عملها:**

١. يتعرف كل إنزيم من هذا الإنزيمات على تتابع معين للنيوكليوتيدات مكون من (٤ : ٧) نيوكليوتيدات يعرف بـ«**موقع التعرف**».
٢. يقص الإنزيم هذا جزىء DNA عند هذا الموقع أو بالقرب منه بحيث يكون تتابع القواعد النيتروجينية على شريطى DNA عند موقع القطع نفسه عندما يقرأ التتابع على كل شريط فى اتجاه (´3).

**أمثلة:**

5´..... G ↓ A – A – T – T – C ..... 3´
3´..... C – T – T – A – A ↑ G ..... 5´

،

5´..... A ↓ A – G – C – T – T ..... 3´
3´..... T – T – C – G – A ↑ A ..... 5´

٣. لكل إنزيم قصر القدرة على قطع جزىء DNA بغض النظر عن مصدره ... **علل؟**

لأن كل جزيئات DNA تتكون من نفس النيوكليوتيدات الأربعة وبالتالي يستطيع إنزيم القصر قطع جزىء DNA بغض النظر عن مصدره (فيروسى أو بكتيرى أو نباتى أو حيوانى) ما دام هذا الجزء يحتوى على نسخة أو أكثر من تتابعات التعرف.

**أهميتها:**

توفر وسيلة لقص DNA إلى قطع معلومة النيوكليوتيدات مكونة «**أطراف لاصقة**» وهى عبارة عن أشرطة مفردة مائلة يمكن أن تتزاوج قواعدها مع أطراف قطعة أخرى لشريط آخر ينتج من استخدام نفس الإنزيم على أي

DNA آخر ثم يتم ربط الشريطين معًا إلى شريط واحد باستخدام إنزيم ربط، وبهذه الطريقة يستطيع الباحث لصق قطعة معينة من جزىء DNA بقطعة أخرى من جزىء DNA آخر.

5′ ┬┬┬ G↓A - A - T - T - C ┬┬┬ 3′
3′ ┴┴┴ C - T - T - A - A↑G ┴┴┴ 5′

إنزيم القطع (القصر)

5′ ┬┬┬ G
3′ ┴┴┴ C - T - T - A - A

G - A - A - T - T - C ┬┬┬ 3′
G ┴┴┴ 5′

إنزيم الربط

5′ ┬┬┬ G - A - A - T - T - C ┬┬┬ 3′
3′ ┴┴┴ C - T - T - A - A - G ┴┴┴ 5′

**دور إنزيمات القصر والربط في قطع وربط قطعتين مختلفين من DNA عند مواقع محددة**

**أجب عما يأتى:**

١ ما وسائل الجهاز المناعى لدى الخلايا البكتيرية ؟

تفرز الخلايا البكتيرية إنزيمات قصر تتعرف على مواقع معينة على DNA الفيروسى الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة وبذلك تحمى نفسها من الفيروسات التى تهاجمها.

٢ إذا كان تتابع النيوكليوتيدات فى أحد شريطى قطعة من DNA كالتالى:

5′..... C T G A A T T C A G ..... 3′

١- اكتب هذا التتابع وأضف إليه التتابع المكمل من نيوكليتيدات الشريط الآخر لنفس القطعة.

٢- إذا كان لديك إنزيم قصر موقع تعرفه هو
G↓A A T T C
C T T A A↑G

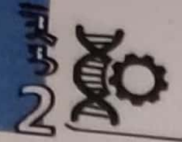
اكتب تتابعات النيوكليوتيدات فى القطع الناتجة عن عمل هذا الإنزيم على شريط DNA.

**الحل:-**

١- 5′..... C T G↓A A T T C A G ..... 3′
3′..... G A C T T A A↑G T C ..... 5′

٢- A A T T C A G ..... 3′
G T C ..... 5′

5′..... C T G
3′..... G A C T T A A



## استنساخ تتابعات DNA

**استنساخ تتابعات DNA**

إنتاج العديد من نسخ جين ما أو قطعة من DNA وذلك بلصقها بجزيء ما يحملها لخلية بكتيرية، وعادة ما يكون هذا الحامل فاج أو بلازميد.

**طرق الحصول على قطع DNA المراد نسخها (الجينات):** طريقتان هما:

### أ فصل DNA من المحتوى الجينى

- يتم الحصول على المحتوى الجينى للخلية (فصل كمية DNA الموجودة بها) ثم يتم قص DNA بواسطة إنزيمات القصر.
- بهذه الطريقة يتم الحصول من المحتوى الجينى لأحد الثدييات (مثلا) على ملايين النسخ من قطع DNA يمكن لصقها ببلازميد أو فاج لاستنساخها (مضاعفتها).
- يتم استخدام تقنيات انتقائية مختلفة لعزل تتابع DNA (قطعة DNA) المرغوب فى التعامل معه.

### ب استخدام mRNA وإنزيم النسخ العكسى

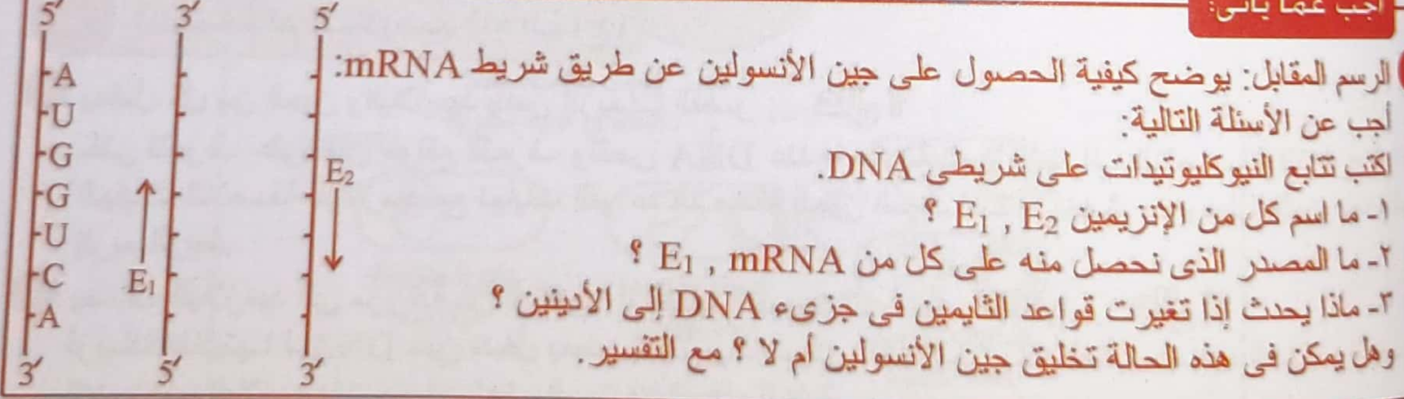
**تعتبر الطريقة الأفضل وتتم كالتالى:**

1. يتم عزل mRNA من بعض الخلايا التى يكون بها الجين نشطًا، مثل: خلايا البنكرياس التى تكون الأنسولين أو الخلايا المولدة لكرات الدم الحمراء التى تكوّن الهيموجلوبين ... **علل؟**
وذلك لوجود كمية من كبيرة من mRNA الذى يحمل الرسالة اللازمة لبناء هذه البروتينات.
2. يتم استخدام mRNA كقالب لبناء شريط DNA الذى يتكامل معه وذلك باستخدام إنزيم النسخ العكسى.

**ملحوظة**

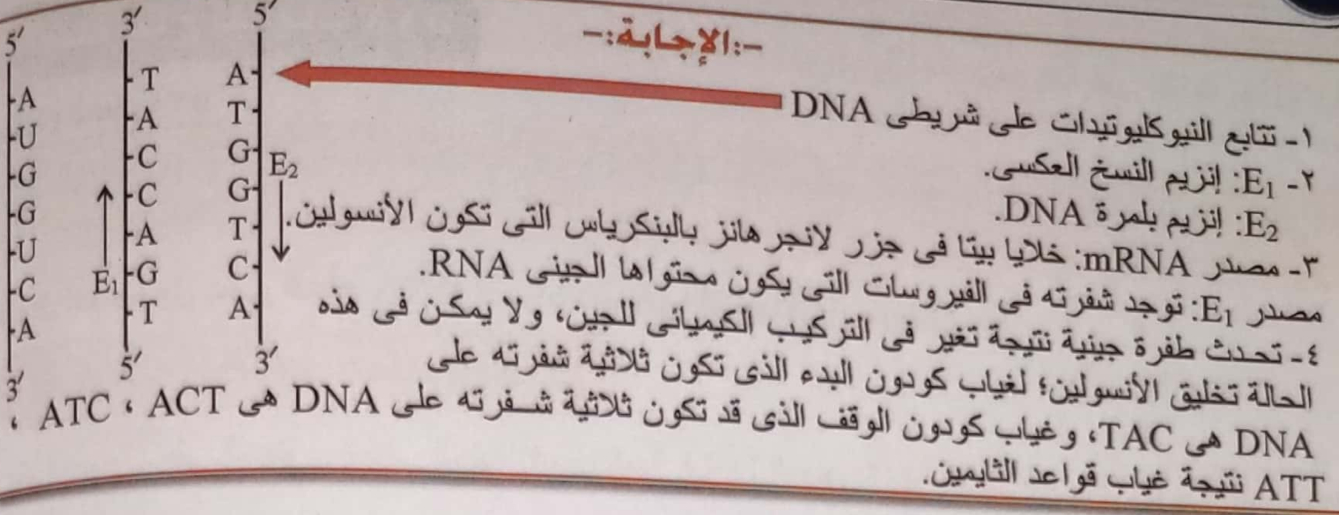
توجد شفرة إنزيم النسخ العكسى فى الفيروسات التى محتواها الجينى RNA ... **علل؟**
حتى تمكنها من تحويل مادتها الوراثية من RNA إلى DNA يرتبط بالمحتوى الجينى من DNA فى خلية العائل ويسيطر عليها وبذلك يضمن تضاعفه داخلها.

3. يتم بناء الشريط المتكامل مع شريط DNA المتكون بواسطة إنزيم بلمرة DNA فنحصل على لولب مزدوج من DNA يمكن استنساخه.




**أجب عما يأتى:**

1. الرسم المقابل: يوضح كيفية الحصول على جين الأنسولين عن طريق شريط mRNA:
أجب عن الأسئلة التالية:
اكتب تتابع النيوكليوتيدات على شريطى DNA.
١- ما اسم كل من الإنزيمين $E_2$ , $E_1$ ؟
٢- ما المصدر الذى نحصل منه على كل من mRNA , $E_1$ ؟
٣- ماذا يحدث إذا تغيرت قواعد الثايمين فى جزىء DNA إلى الأدينين ؟
وهل يمكن فى هذه الحالة تخليق جين الأنسولين أم لا ؟ مع التفسير.




**-:الإجابة:-**

١- تتابع النيوكليوتيدات على شريطى DNA

٢- $E_1$: إنزيم النسخ العكسى.

$E_2$: إنزيم بلمرة DNA.

٣- مصدر mRNA: خلايا بيتا فى جزر لانجرهانز بالبنكرياس التى تكون الأنسولين.

مصدر $E_1$: توجد شفرته فى الفيروسات التى يكون محتواها الجينى RNA.

٤- تحدث طفرة جينية نتيجة تغير فى التركيب الكيميائى للجين، ولا يمكن فى هذه الحالة تخليق الأنسولين؛ لغياب كودون البدء الذى تكون ثلاثية شفرته على DNA هى TAC، وغياب كودون الوقف الذى قد تكون ثلاثية شفرته على DNA هى ACT ، ATC ، ATT نتيجة غياب قواعد الثايمين.

**أجب عما يأتى:**

إذا كان تتابع النيوكليوتيدات على شريط mRNA كالتالى:

5′..... AUC GAU CUG AAA UCA UAG AAAAAA ..... 3′

١- اكتب مضادات الكودونات على tRNA.

٢- ما عدد الروابط الببتيدية الناتجة عن ترجمة هذا التتابع ؟

٣- اكتب تتابع النيوكليتيدات الناتج من معاملة هذا التتابع بإنزيم النسخ العكسى.

٤- ما الفائدة من وجود تكرار فى التتابع (AAAAAA) فى نهاية هذا الشريط ؟ ولماذا لا يترجم؟

**-:الإجابة:-**

١- UAG - CUA - GAC - UUU - AGU

٢- عدد الروابط الببتيدية = عدد الأحماض الأمينية - ١ = ٥ - ١ = ٤ روابط ببتيدية.

٣- 5′..... TAG CTA GAC TTT AGT ATC ..... 3′

٤- يشير التتابع إلى ذيل عديد الأدنين المسئول عن حماية mRNA من التحلل بواسطة الإنزيمات الموجودة فى السيتوبلازم، ولا يترجم هذا التتابع؛ لأنه يسبقه كودون وقف تنتهى عنده عملية الترجمة وتخليق البروتين وكما أنه لا يمثل شفرة.

**ملحوظة**

ينتهى عمل إنزيم النسخ العكسى عند كودون البدء على mRNA وليس كودون الوقف في هذه التجارب معمليًا.

**طرق استنساخ تتابعات DNA:** يتم نسخ جين أو قطعة من DNA بطريقتين هما:

## أ استخدام البلازميد (أو الفاج)

١ يعامل كل من الجين والبلازميد بنفس إنزيمات القصر ... **علل ؟**

حتى تتعرف على نفس مواقع التعرف وتقص DNA عندها مكونة نفس الأطراف اللاصقة فتتزاوج قواعد النهايات اللاصقة للبلازميد مع نهايات القواعد اللاصقة للجين المراد استنساخه ثم يتم ربط الاثنين معًا بنفس إنزيم الربط.

٢ يضاف البلازميد إلى مزرعة من البكتيريا أو خلايا الخميرة التى سبق معاملتها ... **علل ؟**

لزيادة نفاذيتها لـDNA حين تدخل بعض البلازميدات إلى داخل الخلايا وكلما نمت هذه الخلايا وانقسمت تتضاعف البلازميدات مع تضاعف المحتوى الجينى للخلية.

٣ يتم تكسير الخلايا وتحرير البلازميدات منها وعليها قطع الجين المستنسخة.

٤ يتم إطلاق الجين من نفس البلازميدات باستخدام نفس إنزيمات القصر التى سبق استخدامها.

٥ يتم عزل الجينات بالطرد المركزى المفرق وبذلك يصبح لدى الباحث كمية كافية من الجينات أو قطع الـDNA المتماثلة يستطيع تحليلها لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات بها أو زراعتها فى خلايا أخرى.

## أعطِ تفسيرًا علميًا لما يأتى:

**يلعب الطرد المركزى المفرق دورًا هاما فى تقنيات التكاثر والهندسة الوراثية.**

- التكاثر: يتم من خلاله عزل الحيوانات المنوية ذات الصبغى (X) عن الحيوانات المنوية ذات الصبغى (Y) للتحكم فى جنس المواليد كما فى حيوانات المزرعة بهدف إنتاج ذكور فقط بهدف إنتاج اللحوم أو إناث فقط بهدف إنتاج الألبان والتكاثر.
- الهندسة الوراثية: يتم من خلالها عزل الجينات أو قطع الـ DNA المستنسخة عن البلازميدات وبذلك يصبح لدى الباحث كمية كافية من الجينات أو قطع DNA المتماثلة يستطيع تحليلها لمعرفة تتابع النيوكليوتيدات بها أو زراعتها فى خلايا أخرى.

قطعة من DNA
AAGCTT TTCGAA
AAGCTT TTCGAA
بلازميد
R
إنزيم القطع
إنزيم القطع
أطراف لاصقة
طرف لاصق
إنزيم الربط
بلازميد ماد الاتحاد
إدخال بلازميد معاد الاتحاد في خلية بكتيرية
DNA بكتيرى
بكتريا منزوعة البلازميد
إدخال بلازميد معاد الاتحاد
تضاعف بلازميد معاد الاتحاد

استنساخ DNA

## ب استخدام جهاز PCR

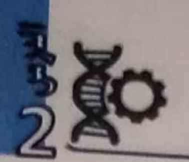
يقوم جهاز PCR (Polymerase Chain Reaction) بمضاعفة قطع DNA آلاف المرات خلال دقائق باستخدام إنزيم تاك بوليمريز الذى يعمل عند درجة حرارة مرتفعة وهذه التقنية هى التقنية المستخدمة حاليًا.

### مقارنة بين آليات البيولوجيا الجزيئية:

| | التضاعف | النسخ | النسخ العكسى | الاستنساخ |
|---|---|---|---|---|
| المفهوم العلمى | عملية يتم فيها تضاعف كمية DNA الموجودة فى الخلية قبل أن تبدأ فى الانقسام حتى تستقبل كل خلية جديدة نسخة طبق الأصل من المعلومات الوراثية الموجودة فى الخلية الأصلية. | عملية يتم فيها بناء شريط مفرد من mRNA من أحد شريطى DNA والذى يبدأ بالمحفز لنقل الشفرة الوراثية من النواة إلى السيتوبلازم والتي تلعب دورًا هامًا فى بناء البروتين. | عملية يتم فيها تحويل الشريط المفرد من mRNA إلى شريط DNA يتكامل معه بهدف الحصول على قطع DNA المراد استنساخها. | إنتاج العديد من نسخ جين ما أو قطعة DNA وذلك بلصقها بجزىء ما يحملها داخل خلية بكتيرية أو خلية خميرة وعادة ما يكون هذا الحامل فاج أو بلازميد. |
| الإنزيمات المطلوبة | تتطلب هذه العملية:<br>١- إنزيمات اللولب.<br>٢- إنزيمات بلمرة DNA .<br>٣- إنزيمات الربط. | تتطلب هذه العملية:<br>إنزيم بلمرة RNA ولا تحتاج إنزيمات ربط. | تتطلب هذه العملية:<br>١- إنزيم النسخ العكسى لبناء الشريط المفرد من DNA.<br>٢- إنزيم بلمرة DNA لبناء الشريط المكمل للشريط المفرد. | ١- إنزيمات القصر والربط.<br>قد تحتاج هذه العملية إلى إنزيم تاك بوليميريز وذلك فى جهاز PCR حديثًا. |

### مقارنة هامة:

| الإنزيم | أهميته | طبيعة عمله |
|---|---|---|
| إنزيم بلمرة RNA | يقوم ببناء RNA من أحد شريطى DNA (5´←3´) الذى يبدأ بالمحفز عن طريق إضافة ريبونيوكليوتيدات جديدة فى الاتجاه (3´←5´) الواحدة تلو الأخرى والربط بينها. | تكوين روابط تساهمية فى شريط RNA الجديد بين النيوكليتيدات وبعضها. |
| إنزيمات القصر (القطع) البكتيرية | ١- <u>بالنسبة للبكتيريا:</u> تتعرف على مواقع معينة على DNA الفيروسى الغريب وتهضمه إلى قطع عديمة القيمة وبذلك تحمى الخلية البكتيرية نفسها من الفيروسات التى تهاجمها.<br>٢- <u>بالنسبة لتجارب الهندسة الوراثية:</u> توفر وسيلة لقطع DNA إلى قطع معلومة النيوكليوتيدات مكونة أطراف لاصقة يمكن أن تتزاوج قواعدها مع قواعد أطراف لاصقة لشريط DNA آخر سبق معاملته بنفس إنزيمات القصر ثم يتم الربط بينهما بإنزيم ربط وبهذه الطريقة يمكن لصق قطعة DNA بقطعة أخرى من جزىء DNA آخر. | كسر روابط هيدروجينية وتساهمية عند مواقع محددة على جزىء DNAالمعروفة بمواقع التعرف. |



| | | |
|---|---|---|
| الإنزيمات المعدلة | جعل DNA الخاص بالخلية البكتيرية مقاومًا لتأثير إنزيمات القصر عن طريق إضافة مجموعة ميثيل $CH_3$ إلى النيوكليوتيدات فى مواقع جزىء DNA البكتيرى التى تتماثل مع مواقع التعرف على الفيروس وبذلك تحمى نفسها من التحلل بواسطة إنزيمات القصر. | تكوين روابط هيدروجينية بين مجموعة الميثيل $CH_3$ والنيوكليوتيدات المماثلة لمواقع التعرف على DNA. |
| إنزيم تاك بوليمريز | مضاعفة قطع DNA آلاف المرات خلال دقائق معدودة فى جهاز PCR عند درجات حرارة عالية جدًا. | تكوين روابط تساهمية وهيدروجينية فى جزىء DNA الجديد. |
| إنزيم النسخ العكسى | ١- بالنسبة للفيروسات: يمكن الفيروسات التى محتواها الجينى RNA من تحويل مادتها الوراثية إلى DNA يرتبط بالمحتوى الجينى لخلية العائل ويسيطر عليها.<br>٢- بالنسبة لتجارب الهندسة الوراثية: تحويل mRNA المعزول من الخلايا التى يكون فيها الجين نشطًا إلى شريط مفرد DNA يتكامل معه لبناء قطع DNA يمكن استنساخها. | تكوين روابط تساهمية فى شريط DNA الجديد بين النيوكليوتيدات النامية. |

## حدد أوجه الشبه والاختلاف بين إنزيم بلمرة DNA وإنزيم تاك بوليمريز

| | إنزيم بلمرة DNA | إنزيم تاك بوليمريز |
|---|---|---|
| أوجه الشبه | يعملان على تكوين روابط تساهمية وهيدروجينية فى شريط DNA الجديد. | |
| أوجه الاختلاف | - يعمل فى درجة حرارة الجسم العادية.<br>- يلعب دورًا فى تضاعف DNA داخل الخلية عن طريق بناء أشرطة DNA الجديدة وذلك بإضافة نيوكليوتيدات جديدة والربط بينها من البداية ´5 إلى النهاية ´3 لشريط DNA الجديد. | - يعمل فى درجات حرارة عالية جدًا فى جهاز PCR.<br>- يعمل على مضاعفة قطع DNA آلاف المرات خلال عدة دقائق فى جهاز PCR. |

### أعط تفسيرًا علميًا لما يأتى:

١ على الرغم من أن البكتيريا والبشر كائنات مختلفة تمامًا عن بعضها إلا أنه من الممكن لصق قطعة DNA البشرى ببلازميد البكتيريا.

لأن حمض DNA لجميع الكائنات الحية يتكون من نفس النيوكليوتيدات الأربعة.

٢ لا يوجد إنزيم تاك بوليميريز داخل خلايا جسم الإنسان.

لأن هذا الإنزيم لا يعمل إلا فى درجات حرارة عالية جدًا أكبر بكثير من درجة حرارة خلايا الجسم.

## ماذا يحدث عند:

**١ معاملة الجينوم البشرى بإنزيمات القصر البكتيرية ؟**

تتعرف على مواقع معينة على جزىء DNA تسمى (مواقع التعرف) فتقص DNA عندها أو بالقرب منها إلى قطع معلومة النيوكليوتيدات مكونة أطراف لاصقة يمكن أن تتزاوج قواعدها مع قواعد لاصقة لشريط DNA آخر.

**٢ اختفاء شفرة إنزيم النسخ العكسى من خلايا فيروس الإنفلونزا الذى يصيب الإنسان ؟**

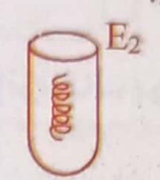
لن يتمكن هذا الفيروس من تحويل المادة الوراثية من RNA إلى DNA وبالتالي لن يرتبط بـDNA الخاص بخلايا الإنسان فيتوقف عن التضاعف والتكاثر وبالتالي تقل فرص الإصابة بالعدوى والمرض.

## أجب عما يأتى:

**١ أمامك أربعة أنابيب اختبار تحتوى كل منها على عينة من DNA تم معاملة كل منها بإنزيم معين. تعرف على كل إنزيم، مع التفسير.**




نيوكليوتيدات منفصلة




أجزاء مفردة من DNA طولها ٥ نيوكليوتيدات

$E_3$

شريطان منفصلان من DNA






العديد من قطع DNA

**-:الإجابة:-**

- $E_1$: إنزيم دى أكسى ريبونيوكليز؛ لأنه يعمل على تحليل DNA تحليلا كاملا.
- $E_2$: إنزيم القصر (القطع) البكتيرى؛ لأنه يتعرف على تتابعات معينة من DNA مكونة من (٤:٧) نيوكليوتيدات ويقص DNA عندها إلى قطع صغيرة.
- $E_3$: إنزيم اللولب؛ لأنه يعمل على كسر الروابط الهيدروجينية بين أزواج القواعد النيتروجينية المتكاملة فينفصل اللولب المزدوج إلى شريطين مفردين.
- $E_4$: إنزيم تاك بوليمريز؛ لأنه يعمل على مضاعفة قطع DNA آلاف المرات خلال عدة دقائق ويعمل فى درجات حرارة عالية جدًا.

**٢ كيف تحصل على DNA هجين مزدوج من mRNA ؟**

يتم معاملة mRNA بإنزيم النسخ العكسى فنحصل على شريط مفرد من DNA يتكامل مع تتابع النيوكليوتيدات الموجودة على mRNA ثم يتم خلط الشريط المفرد من DNA مع شريط آخر من DNA لكائن آخر فنحصل على لولب مزدوج هجين.

## DNA معاد الاتحاد

**DNA معاد الاتحاد**

عملية إدخال جزء من DNA الخاص بكائن حى إلى خلايا كائن حى آخر.

## آراء العلماء حول تقنية DNA معاد الاتحاد

**بعضهم يؤيد هذه التقنية**

ويتخيلون أنه قد يأتى الوقت الذى يمكن فيه إدخال نسخ من جينات طبيعية إلى بعض الأفراد المصابة بعض جيناتهم بالعطب وبذلك يمكن شفاؤهم دون الاستخدام المستمر للعقاقير لعلاج النقص الوراثى.

**بعضهم يعارض هذه التقنية**

ويعتريهم القلق لأنه من المحتمل أن يتم إدخال جين مسئول عن إنتاج مادة سامة خطرة داخل خلايا بكتيرية وإطلاقها فى العالم ولكن هذا الاحتمال ضعيف... علل؟
لأنه على الرغم من أن سلالات البكتيريا المستخدمة فى تجارب DNA معاد الاتحاد هى E.coli التى تعيش فى أمعاء الإنسان إلا أن السلالة المستخدمة فى التجارب لم تعش داخل جسم الإنسان لعدة آلاف من الأجيال وقد تغيرت هذه البكتيريا فأصبحت غير قادرة على الحياة إلا فى منازلها من أنابيب الاختبار.

## التطبيقات العملية لتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد

### أولاً: فى مجال الطب:

تمكن العلماء من إنتاج بروتينات مفيدة على نطاق تجارى، مثل:

**١ إنتاج هرمون الأنسولين البشرى الذى يحتاجه يوميًا ملايين البشر المصابين بمرض السكر.**

- رخصت الولايات المتحدة الأمريكية استخدام الأنسولين المعد بتكنولوجيا DNA معاد الاتحاد عام ١٩٨٢م لأول مرة.
- كان يتم استخلاص الأنسولين قبل ذلك من بنكرياس المواشى والخنازير وهذه العملية طويلة ومرتفعة التكلفة.
- تمكن العلماء من إدخال جينات الأنسولين داخل خلايا بكتيرية وبذلك أصبحت البكتيريا نفسها منتجة للأنسولين.
- الأنسولين البشرى الذى تنتجه البكتيريا ما زال مرتفع التكلفة إلا أنه أفضل لبعض المرضى الذين لا يتحملون الفروق الطفيفة بين الأنسولين البشرى وأنسولين الأنواع الأخرى.
- مع تحسين طرق الإنتاج قد يصير الأنسولين البكتيرى أقل تكلفة.

**٢ إنتاج الإنترفيرونات Interferones.**

- كيفية إنتاجها: إدخال جينات الإنترفيرونات البشرية داخل خلايا بكتيرية وبذلك تصبح البكتيريا منتجة للإنترفيرونات وقد بلغ عدد هذه الجينات حوالى ١٥ جينًا.
- أهمية الإنترفيرونات: وقف تضاعف الفيروسات خاصة التى يكون محتواها الجينى RNA مثل الإنفلونزا وشلل الأطفال والإيدز حيث تنطلق الإنترفيرونات من الخلايا المصابة بالفيروس إلى الخلايا المجاورة لها لتعمل على وقايتها من مهاجمة الفيروس.
- آمال العلماء حول الإنترفيرونات: تخيل العلماء أنه يمكن استخدامها فى علاج بعض الأمراض الفيروسية بالإضافة إلى بعض أنواع السرطان ولكن الدراسات المبدئية لاستخدام الإنترفيرون فى علاج السرطان كانت مخيبة للآمال وقد يرجع ذلك لمشاكل تقنية يمكن التغلب عليها فيما بعد.
- تكلفة إنتاج الإنترفيرونات: كان الإنترفيرون المستخدم فى الطب حتى عام ١٩٧٠م يستخلص بصعوبة من الخلايا البشرية لذلك كان نادر الوجود ومرتفع الثمن، وقد تمكن الباحثون فى مصانع الأدوية فى الثمانينات من إدخال ١٥ جينًا بشريًا للإنترفيرون داخل خلايا بكتيرية وبذلك أصبح الإنترفيرون الآن وفيرًا ورخيص الثمن نسبيًا.

## ثانيًا: فى مجال الزراعة:

قد يتمكن الباحثون الزراعيون فى القريب العاجل من:

١ إدخال جينات مقاومة للمبيدات العشبية ولبعض الأمراض الهامة لنباتات المحاصيل.

٢ عزل ونقل الجينات الموجودة فى النباتات البقولية (والتي تمكنها من استضافة البكتيريا القادرة على تثبيت النيتروجين الجوى فى جذورها) إلى نباتات محاصيل أخرى لا تستطيع استيعاب هذه البكتيريا، ومن ثم يمكن الاستغناء عن إضافة الأسمدة النيتروجينية عالية التكلفة والتي تسبب تلويث المياه فى المناطق الزراعية.

## ثالثًا: فى مجال التجارب والأبحاث:

ما زال الكثير من استخدامات الهندسة الوراثية مجرد أحلام إلا أن الأحلام سرعان ما تتحقق حيث تمكن بعض الباحثون من:

١ زرع جين لون الياقوت الأحمر للعيون من سلالة من ذبابة الفاكهة (الدروسوفيلا) فى خلايا مقرر لها أن تكون أعضاء تكاثرية لجين من سلالة أخرى وعندما نمت الأجنة إلى أفراد انتقل إليها الجين الذى أضفى على الأجيال الناتجة عن هذه الأفراد صفة لون الياقوت الأحمر للعيون بدلا من اللون البنى.

٢ إدخال جين يحمل شفرة هرمون النمو من فأر من النوع الكبير (أو من إنسان) إلى فئران من النوع الصغير، فنمت هذه لفئران الصغيرة إلى ضعف حجمها الطبيعى، وقد انتقلت هذه الصفة إلى الأجيال التالية.

### أجب عما يأتي:

١ **اكتب المصطلح العملى:**

**بروتينات توقف تضاعف الفيروسات:** الإنترفيرونات.

**بروتينات تحلل الفيروسات إلى قطع:** إنزيمات القصر البكتيرية.

٢ **كيف يمكن علاج مريض السكر بطريقتين مختلفتين من تطبيقات تكنولوجيا DNA معاد الاتحاد ؟ وأى الطريقتين أفضل ؟ ولماذا ؟**

- الطريقة الأولى: إنتاج الأنسولين البشرى عن طريق إدخال جينات الأنسولين داخل خلايا بكتيرية وبذلك تصبح البكتيريا منتجة للأنسولين البشرى لعلاج المرضى الذين لا يتحملون الفروق الطفيفة بين الأنسولين البشرى والأنسولين المستخلص من بنكرياس المواشى والخنازير.
- الطريقة الثانية: إدخال نسخ من جينات طبيعية للأفراد المصابة بعض جيناتهم بالعطب لعلاج النقص الوراثى عندهم فى خلايا بيتا بالبنكرياس.

✓ الطريقة الثانية: أفضل لأن العلاج بالجينات ليس له آثار جانبية كما أنه علاج لمرة واحدة فقط وبذلك يمكن شفاؤهم دون الاستخدام المستمر للعقاقير.

٣ **فسر: تعتبر تكنولوجيا DNA معاد الاتحاد سلاح ذو حدين.**

لأن تكنولوجيا DNA معاد الاتحاد:

١- تلعب دورًا هامًا فى مجالات مختلفة مثل الطب لإنتاج بروتينات مفيدة على نطاق تجارى واسع مثل الأنسولين البشرى لعلاج مرضى السكر والإنترفيرونات لعلاج بعض أنواع السرطان بالإضافة إلى مجالات الزراعة والتجارب والأبحاث.

٢- لها مخاطر كثيرة فمن المحتمل أن يتم إدخال جين مسئول عن إنتاج مادة سامة خطرة داخل خلايا بكتيرية وإطلاقها فى العالم.

**ماذا يحدث عند:**

- نقل DNA من بكتيريا مقاومة للبنسلين إلى سلالة أخرى غير مقاومة له ؟
ستكتسب هذه السلالة من البكتيريا خاصية مقاومة البنسلين لانتقال الجينات إليها.

## الجينوم البشرى

**الجينوم البشرى**

المجموعة الكاملة الجينات الموجودة على كروموسومات الخلية البشرية.

### مراحل اكتشاف الجينوم البشرى:

1. فى عام ١٩١٣ أثبت واطسون وكريك أن الجينات عبارة عن لولب مزدوج من الحمض النووي DNA.
2. فى عام ١٩٨٠ تعرف العلماء على حوالى ٤٥٠ جينًا من الجينات البشرية.
3. فى منتصف الثمانينات توصل العلماء إلى ١٥٠٠ جينًا بعضها:
   - يسبب زيادة الكوليسترول فى الدم (أحد أسباب مرض القلب).
   - يمهد للإصابة بالأمراض السرطانية.
4. حديثًا توصل العلماء إلى وجود من ٦٠ : ٨٠ ألف جين فى الإنسان موجودة على ٢٣ زوج من الكروموسومات وتعرف المجموعة الكاملة للجينات بالجينوم البشرى وتم اكتشاف أكثر من نصف هذه الجينات حتى الآن.

**ملاحظات**

- ترتب الكروموسومات من رقم (١) : (٢٣) حسب الحجم فيما يعرف بـ«الطرز الكروموسومى».
- يشذ الكرموسوم (X) عن باقى الكروموسومات فى ترقيمه داخل الطرز الكرموسومى ... **فسر؟**
حيث إن جميع الكروموسومات ترتب حسب حجمها من ١ : ٢٣ ولكن الكروموسوم (X) لا يخضع لهذا الترتيب لأنه كروموسوم جنسى وباقى الكروموسومات جسدية لذلك فهو يلى الكروموسوم السابع فى الحجم ولكنه يترتب فى نهاية الكروموسومات ويحمل الرقم ٢٣.

### أمثلة لبعض الجينات التى تم تحديدها على الجينات:

| الجين | جين البصمة | جينات فصائل الدم | - الجين المسئول عن تكوين الأنسولين.<br>- الجين المسئول عن تكوين الهيموجلوبين. | - جين عمى الألوان.<br>- جين الهيموفيليا (سيولة الدم). |
|---|---|---|---|---|
| الموقع | الكروموسوم (٨) | الكروموسوم (٩) | الكروموسوم (١١) | الكروموسوم (X) |

### أهمية الجينوم البشرى

1. معرفة الجينات المسببة للأمراض الجينية الوراثية الشائعة والنادرة.
2. معرفة الجينات المسببة لعجز بعض الأعضاء عن أداء وظائف الجسم.
3. الاستفادة منه فى المستقبل فى صناعة العقاقير والوصول إلى عقاقير بلا آثار جانبية.
4. دراسة تطور الكائنات الحية من خلال مقارنة الجينوم البشرى بغيره من جينات الكائنات الحية الأخرى.

٥ تحسين النسل من خلال التعرف على الجينات المرضية فى الجنين قبل ولادته والعمل على تعديلها.

٦ تحديد خصائص وصفات أي إنسان يعيش على سطح الأرض من خلال فحص خلية جسدية أو حيوان منوى، فيمكن من خلال الجينوم البشرى أن نرسم صورة لكل شخص بكل ملامح وجهه.

## أجب عما يأتي:

١ فسر: للجينوم البشرى أهمية كبرى فى علم الجريمة.

- حيث أنه أمكن الكشف عن الجرائم ومرتكبيها من خلال جين البصمة المحمول على الكروموسوم (٨) والذى يختلف من إنسان لآخر.
- يمكن تحديد صفات وخصائص المجرم من خلال فحص خلية جسدية أو حيوان منوى منه وبذلك يمكن رسم صورة لكل شخص بكل ملامح وجهه عن طريق الجينوم البشرى.

٢ ما المقصود بـ: جين الطب الجنائى ؟

جين يحمل على الكروموسوم الثامن وهو جين البصمة الذى يستدل منه فى الكشف عن الجرائم ومرتكبيها لذلك يستخدم فى الطب الجنائى.

٣ كيف يمكن الاستفادة من دراسة الجينوم البشرى فى تحسين النسل ؟

من خلال التعرف على الجينات المرضية في الجنين قبل ولادته والعمل على تعديلها.

٣ الجدول التالى يوضح نسب القواعد النيتوجينية فى عينات مختلفة من الأحماض النووية.
اختر العينة التى تتناسب مع كل حالة فيما يأتى مع تفسير إجابتك فى كل حالة.

أ- بويضة.
ب- فيروس الإيدز.
جـ- عينة أخذت فى المرحلة الأولى من تهجين DNA.
د- الأجزاء المزدوجة فى tRNA.

| | C | A | G | T | U |
|---|---|---|---|---|---|
| العينة (١) | ٢٠٪ | ٣٠٪ | ٣٠٪ | ٢٠٪ | — |
| العينة (٢) | ٣٥٪ | ١٥٪ | ٣٥٪ | ١٥٪ | — |
| العينة (٣) | ٤٥٪ | ٢٥٪ | ١٠٪ | — | ٢٠٪ |
| العينة (٤) | ١٠٪ | ٤٠٪ | ١٠٪ | — | ٤٠٪ |

### -:الإجابة:-

أ- العينة (٢) تعبر عن الحيوان المنوى؛ لأنه عبارة عن لولب مزدوج من DNA بسبب وجود قاعدة الثايمين، وتساوى نسبة الأدنين مع الثايمين والجوانين مع السيتوزين.

ب- العينة (٣) تعبر عن فيروس شلل الأطفال؛ لأن محتواه الجينى عبارة عن شريط مفرد من RNA بسبب وجود قاعدة اليوراسيل وعدم تساوى نسبة الأدنين مع اليوراسيل أو الجوانين مع السيتوزين.

جـ- العينة (١) تعبر عن العينة التى أخذت فى المرحلة الأولى من تهجين DNA؛ بسبب وجود قاعدة الثايمين وعدم تساوى نسبة الأدنين مع الثايمين أو الجوانين مع السيتوزين مما يدل على عدم ازدواجها بعد.

د- العينة (٤) تعبر عن جزء من إحدى حلقات t-RNA؛ بسبب وجود قاعدة اليوراسيل؛ وتساوى نسبة الأدنين مع اليوراسيل والجوانين مع السيتوزين حيث تحتفظ هذه الحلقات بشكلها بازدواج القواعد النيتروجينية.

## أسئلة بنظام Open Book

١ أي الأشكال البيانية التالية تعبر عن التركيب الجزيئي الأدق لعينة أخذت في المرحلة الأولي من تهجين الـ DNA ؟

النسبة المئوية

القواعد النيتروجينية

(أ) A C U G
(ب) A C U G
(جـ) A C T G
(د) A C T G

٢ يتشابه ال DNA مع الثيروكسين في وجود عنصر ..........

(أ) اليود (ب) الحديد (جـ) الفوسفور (د) النيتروجين

٣ أي الأشكال التالية تمثل وحدة بناء المادة الوراثية لفيروس الإنفلونزا ؟

(أ) P – O – T – OH OH
(ب) P – O – U – OH OH
(جـ) P – O – T – OH H
(د) P – O – U – OH H

٤ عدد أنواع الأحماض الأمينية في سلسلة عديد الببتيد المقابلة ..........

A B C D E A F C B D H A B G

(أ) ١٤ (ب) ١٢
(جـ) ١٠ (د) ٨

٥ تحتوي السلسلة المقابلة علي روابط ..........

(أ) ببتيدية فقط (ب) تساهمية فقط
(جـ) تساهمية وببتيدية (د) أيونية وببتيدية

٦ أي الأشكال التالية تمثل التركيب الصحيح للنيوكليوتيدة الأولي في مضاد كودون حمض المثيونين ؟

(أ) P – O – T – OH OH
(ب) P – O – U – OH OH
(جـ) P – O – T – OH H
(د) P – O – U – OH H

٧ مضاد الكودون الخاص بثلاثية الشفرة ACT علي ال DNA هو ..........

(أ) UGA (ب) ACU (ج) ACG (د) لا توجد إجابة صحيحة

٨ النسبة بين عدد أنواع إنزيمات البلمرة في خلايا أوليات النواة وخلايا حقيقيات النواة يساوي:

(أ) ٤:١ (ب) ٣:١ (ج) ٢:١ (د) ١:١

٩ تكثر مركبات عديد الريبوسوم في جميع الخلايا التالية ما عدا ..........

(أ) غدد القناة الهضمية (ب) خلايا بيتا بالبنكرياس

(ج) الفص الأمامي من الغدة النخامية (د) قشرة الغدة الكظرية

١- (د) ٢- (د) ٣- (ب) ٤- (د) ٥- (ج) ٦- (ب) ٧- (د) ٨- (ج) ٩- (د)

**١٠ اكتب ما تشير إليه كل عبارة مما يلي :**

١- بروتين تنظيمي يعمل علي تحييد نشاط الفيروسات داخل جسم الإنسان.

٢- بروتين تنظيمي يمنع تكاثر الفيروسات داخل جسم الإنسان.

٣- بروتين تنظيمي يهضم الفيروسات إلي قطع عديمة القيمة في سلالات معينة من البكتيريا.

٤- عضيات تخليق البروتينات داخل الخلايا الحية.

٥- عضيات تكسير البروتينات داخل الخلايا الحية.

**١١ ادرس الشكل جيدًا ثم أجب :**




١- إلام تشير العمليتان الحيويتان ١ ، ٢ ؟

٢- إلام ترمز العملية الحيوية رقم (٣) ؟ وما نوع التفاعل الكيميائي والروابط الكيميائية السائدة فيها؟

٣- حدد آلية عمل الإنزيم المستخدم في العملية رقم (٤).

٤- حدد نوع البروتين الناتج من هذه العملية . مع ذكر مثال له.

٥- أي العمليات السابقة تحدث بصفة دورية داخل نسيج العضلة التوأمية؟

٦- أي العمليات السابقة تحدث بصفة دورية للمحتوي الجيني لفيروس شلل الأطفال ؟ مع التفسير.

**-:الإجابة:-**

١- العملية (١) تشير إلى عملية نسخ RNA ، والعملية (٢) تشير إلي عملية تضاعف DNA .

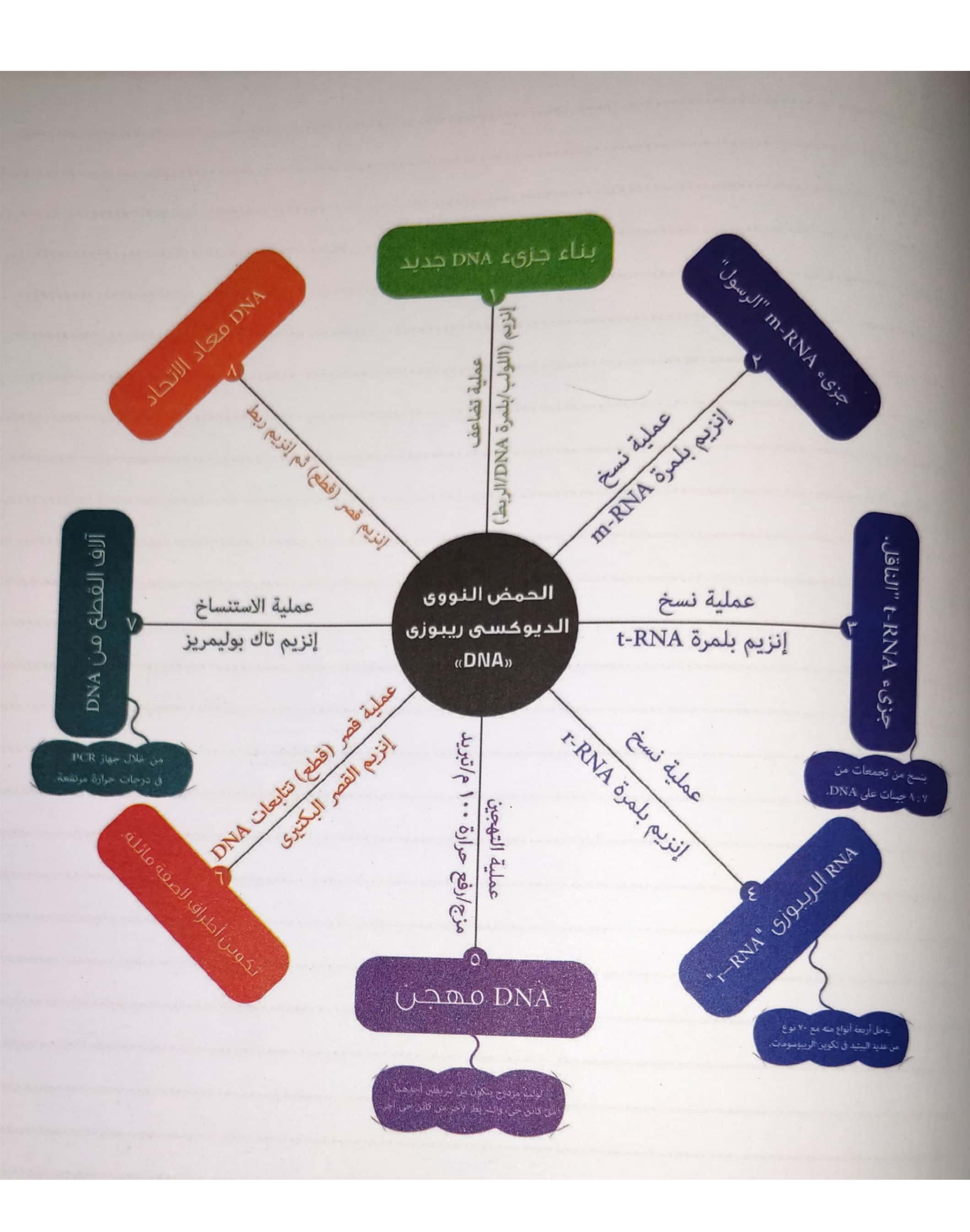
٢- العملية (٣) تشير إلى عملية ترجمة RNA إلي بروتين ، تفاعل نقل الببتيديل ، روابط ببتيدية بين الأحماض الأمينية وبعضها.

٣- يعمل إنزيم النسخ العكسي علي تكوين روابط تساهمية في شريط DNA الجديد بين النيوكليوتيدات النامية.

٤- بروتين تركيبي ؛ يدخل في تكوين الأنسجة الضامة كالأربطة والأوتار.

٥- العمليتان (١) ، (٣).

٦- العملية (٤)؛ حتي يتمكن الفيروس من تحويل مادته الوراثية من RNA إلي DNA يرتبط بالمحتوي الجيني لخلية العائل ويسيطر عليها بشكل يضمن تضاعفه داخلها.


الحمض النووى
الديوكسى ريبوزى
«DNA»
١
بناء جزىء DNA جديد
عملية تضاعف
إنزيم (اللولب/بلمرة DNA/الربط)
٢
جزىء m-RNA "الرسول"
عملية نسخ
إنزيم بلمرة m-RNA
٣
جزىء t-RNA "الناقل"
عملية نسخ
إنزيم بلمرة t-RNA
ينسخ من تجمعات من
٧ : ٨ جينات على DNA.
٤
RNA الريبوزى "r-RNA"
عملية نسخ
إنزيم بلمرة r-RNA
يدخل أربعة أنواع منه مع ٧٠ نوع
من عديد الببتيد فى تكوين الريبوسومات.
٥
DNA مهجن
عملية التهجين
منزوع/رفع حرارة ١٠٠ م/تبريد
لولب مزدوج يتكون من شريطين أحدهما
من كائن حى، والشريط الآخر من كائن حى آخر
٦
تكوين أطراف لاصقة مائلة.
عملية قص (قطع) تتابعات DNA
إنزيم القصر البكتيرى
٧
آلاف القطع من DNA
عملية الاستنساخ
إنزيم تاك بوليمريز
من خلال جهاز PCR
فى درجات حرارة مرتفعة
٨
DNA معاد الاتحاد
إنزيم قصر (قطع) ثم إنزيم ربط